

Sami Venäläinen

# Rakennusaikainen kosteudenhallinta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

22.4.2014

Tekijä Otsikko	Sami Venäläinen Rakennusaikainen kosteudenhallinta
Sivumäärä Aika	51 sivua + 3 liitettä 22.4.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotantotekniikka
Ohjaajat	Vastaava työnjohtaja Antti Mäkinen Lehtori Juha Virtanen
<p>Tässä insinöörityössä tutkittiin rakentamisen aikaista kosteudenhallintaa. Insinöörityössä tutustuttiin rakennukseen kohdistuviin kosteusrasituksiin, kosteuden siirtymiseen rakenteissa ja erilaisiin kosteuslähteisiin. Lisäksi tutkittiin ja vertailtiin erilaisia lämmitys-, kuivaus- ja suojausmenetelmiä rakennuksen kosteudenhallintaan. Insinöörityössä tutkittiin myös betonilattioihin liittyviä kosteuksia sekä niiden kuivattamiseen liittyviä toimenpiteitä.</p> <p>Insinöörityön tarkoituksena oli tutustua kosteudenhallintaan tarkemmin ja sen pohjalta toteuttaa rakennusaikainen kosteudenhallinta oikeaoppisesti esimerkkikohteessa, sekä laatia kosteudenhallintasuunnitelma esimerkkikohteeseen. Insinöörityö toimii myös hyvänä tietolähteenä rakennusaikaisesta kosteudenhallinnasta.</p> <p>Tietoja insinöörityön tekemiseen hankittiin rakennusalan kirjallisuudesta ja verkkodokumenteista. Lisäksi työhön hyödynnettiin esimerkkityömaata ja siellä työskennelleiden alan ammattilaisten ammattitaitoa.</p> <p>Insinöörityö toteutettiin Skanska Talonrakennus Oy:n toimitilayksikön tarpeisiin, joka vastaa toimitilarakentamisesta Etelä-Suomen alueella.</p>	
Avainsanat	Kosteudenhallinta, kuivaus, sääsuojaus, betonilattioiden kosteus

Author Title	Sami Venäläinen Humidity control during the construction
Number of Pages Date	51 pages + 3 appendices 22 April 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Construction and Site Management
Instructors	Antti Mäkinen, Site Manager Juha Virtanen, Principal Lecturer
<p>This thesis is about humidity control during construction. Humidity encumbrance, humidity moving within structures and humidity sources are examined in this thesis. Different kinds of heating, drying, and protection systems for humidity control are also examined. Humidity of concrete floors and ways to dry them are examined as well.</p> <p>The purpose of this thesis was to have a closer look on humidity control and after that implement humidity control in a legitimate way on an example project and create a humidity management plan. This thesis works as a good repository of humidity control during construction.</p> <p>Literature and internet documents were applied as information sources for this thesis. The example construction site and the knowledge of the professionals who worked there were also utilised.</p> <p>This thesis was created for the needs of Skanska Talonrakennus Oy and their business premises building section of Southern Finland.</p>	
Keywords	Humidity control, drying, protection for weather, humidity of concrete floors

## Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	Esimerkkikohde	2
3	Kosteus	2
3.1	Kosteuslähteet	2
3.1.1	Ulkoiset kosteuslähteet	2
3.1.2	Sisäiset kosteuslähteet	4
4	Kosteuden siirtyminen	4
4.1	Konvektio	5
4.2	Painovoimainen siirtyminen	6
4.3	Kapillaarinen siirtyminen	6
4.4	Diffuusio	9
5	Kosteuslähteet rakennusaikana	10
5.1	Rakennusmateriaalien kuljetukset	12
5.2	Esimerkkikohteen rakennusmateriaalien kuljetukset	13
5.3	Rakennusmateriaalien varastointi	13
6	Suojauskalusto	15
6.1	Suojapeitteet	16
6.2	Sääsuojat	17
7	Rakennusaikainen lämmitys ja kuivatus	18
7.1	Rakennuksen kuivattaminen	20
7.1.1	Avoin järjestelmä	20
7.1.2	Suljettu järjestelmä	20
7.1.3	Pikakuivaus	21
7.2	Rakennuksen lämmitys- ja kuivatusjärjestelmät	21
7.2.1	Sähkö	21
7.2.2	Nestekaasu	22
7.2.3	Polttoöljy	23
7.2.4	Kuumavesi	26
7.2.5	Puhaltimet	27
7.2.6	Kondenssikuivain	27



7.2.7	Adsorptiokuivain	28
7.2.8	Yhdistelmäkuivain	29
7.3	Tyypillisimmät virheet ja ongelmat kuivatuksessa	30
7.4	Esimerkkikohteen kuivatus ja lämmitys	30
8	Betonin kosteus	31
8.1	Yleistä	31
8.2	Betonin kuivuminen	32
8.3	Betonilattian päällystettävyyys	34
8.4	Betonirakenteen päällystettävyyteen liittyvät kosteusmittaukset	36
8.4.1	Kosteusmittausmenetelmät ja -kalusto	37
8.4.2	Betonin suhteellisen kosteuden mittaus porareikämenetelmällä	38
8.5	Mittauskohdat ja mittaustilaajuus	39
8.5.1	Mittausvyydydet	39
8.5.2	Tulosten tulkinta	40
9	Tulokset	43
10	Yhteenveto	45
	Lähteet	47
	Liitteet	
	Liite 1. Esimerkkikohteen kosteudenhallintasuunnitelma (Salainen yrityksen pyynnöstä)	
	Liite 2. Esimerkkikohteen kosteusmittausuunnitelma (Salainen yrityksen pyynnöstä)	
	Liite 3. Esimerkkikohteen kosteusmittausraportti (Salainen yrityksen pyynnöstä)	

## 1 Johdanto

Tässä insinööriyössä tutkitaan rakentamisaikaisen kosteudenhallintaa sekä soveltuvia keinoja sen kunnolliseen toteuttamiseen. Lisäksi insinööriyössä tutustutaan tarkemmin betonilattioiden kosteuksiin ja niiden kuivattamiseen liittyviin toimenpiteisiin. Betonilattioiden kuivumisella on oleellinen merkitys koko rakentamisen kannalta, koska niiden kuivattamiseen on osattava varata riittävästi aikaa. Mikäli betonilattiat eivät kuivu oletetussa ajassa ja niitä ei päästä pinnoittamaan aikataulun mukaisesti, on seurauksena yleensä aina aikataulun viivästymistä.

Insinööriyö toteutetaan tutustumalla aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen ja verkkodokumentteihin. Lisäksi hyödynnetään esimerkkityömaan henkilöstön ammattitaitoa ja kokemusta aiheeseen liittyen.

Insinööriyö toteutetaan Skanska Talonrakennus Oy:n Etelä-Suomen toimitilarakentamisen yksikölle. Yksikkö vastaa toimitilarakentamisesta Etelä-Suomen alueella.

Rakentamisaikainen kosteudenhallinta valikoitui aiheeksi, koska kosteudenhallinta on tärkeää hoitaa huolellisesti, jotta lopputuotteena saadaan käyttäjälle terve rakennus, jossa ei ole kostevaurioita ja niihin liittyviä ongelmia. Skanska haluaa varmistaa, että kosteudenhallintaan panostetaan rakennusvaiheessa kunnolla ja, että se toteutetaan asianmukaisesti.

## 2 Esimerkkikohte

Insinööriyön esimerkkikohteena toimii Kaunismäen päiväkodin laajennus ja hyvinvointineuvolan uudisrakennustyömaa. Työmaa sijaitsee Mäntsälässä ja Skanska Talonrakennus Oy toteuttaa sen KVR-urakkana Mäntsälän kunnalle. Kohteen rakennustyöt on aloitettu 1.8.2013 ja luovutuskunnossa sen tulee olla 15.7.2014. Kohteessa on kaksi erillistä rakennusta, joista toinen on hyvinvointineuvola ja toinen päiväkodin laajennusosa.

Kohteiden kantavat rungot toteutetaan puisista suurelementeistä ja rakennukset ovat pääosin yksikerroksisia. Rakennusten lattiat toteutetaan maanvaraisina betonilattioina, joidenka pintamateriaalina on muovimatto. Kohteiden lämmitysjärjestelmänä toimii vesikiertoinen lattialämmitys, joka on liitetty kaukolämpöverkkoon.

## 3 Kosteus

Kosteutta esiintyy normaaliolosuhteissa aina jonkin verran. Ympäriämme oleva ilma sekä kaikki huokoiset materiaalit ja rakenteet sisältävät kosteutta. Kosteuden määrään vaikuttavia tekijöitä ovat materiaalien ominaisuudet ja ympäröivässä ilmassa vallitsevat lämpötila- ja kosteusarvot. [1, s.63.]

### 3.1 Kosteuslähteet

Rakennuksissa ja rakenteissa esiintyvä kosteus on näkyvää vettä, näkymätöntä vesihöyryä tai rakenteisiin sitoutunutta rakennekosteutta. Kosteuslähteet voidaan jaotella ulkoisiin ja sisäisiin. [1, s.63.]

#### 3.1.1 Ulkoiset kosteuslähteet

##### *Sadevesi*

Suunniteltaessa rakenteita ja valittaessa korkeusasemaa rakennukselle tulee ottaa huomioon kosteusolot rakennuspaikalla. Vesi voi kulkeutua tuulen paineen ja ilmavirtauksien johdosta myös pintoja pitkin ylöspäin, joka tulee ottaa huomioon etenkin, kun

rakennetaan vesistöjen lähelle. Kulkiessaan ylöspäin vesi saattaa kulkeutua rakenteiden sisään esimerkiksi räystäiden tuuletusraoista tai ikkunapellityksien alta. Veden kulkeutuminen ylöspäin voidaan estää tuuletusraon alareunaan asennettavalla myrskypellillä. [1, s.63–64.]

Eniten rakennuksen julkisivua rasittaa viistosade sekä sen aiheuttamat roiskevedet. Nämä seikat tulee ottaa huomioon suunniteltaessa ja toteutettaessa rakenteita. Sadevedet johdetaan pois rakennuksen vierestä maanpinnan kallistuksella 1:20 pois päin rakennuksesta ja riittävällä sadevesiviemäröinnillä. Salaojituksella saadaan johdettua maaperään päässyt vesi pois rakennuksen vierestä. [1, s.63–64.]

### *Lumi, jää ja sulamisvesi*

Talviaikaan rakenteisiin kertyy lunta ja jäätä, jotka sulassaessaan voivat aiheuttaa kosteusvaurioita. Esimerkiksi katon ullakkotiloihin saattaa kulkeutua kevyttä pakkaslunta, mikä voi sulassaessaan aiheuttaa kosteusvaurioita yllättäviinkin paikkoihin. [1, s.63–64.]

### *Rakennuspaikka ja maaperän kosteus*

Paikallisten olosuhteiden perusteella arvioidaan maaperän kosteusolosuhteet rakennuksen alla ja sen lähiympäristössä. Maaperän kosteuteen vaikuttavia tekijöitä ovat pohjaveden korkeus, maalaji, sekä kuivatus- ja salaoitusjärjestelyt. Kaikilla maalajeilla on oma kapillaarinen ominaisuutensa, joka tulee huomioida kosteustarkasteluissa. [1, s.63–64.]

Rakennusta kuormittaa vesikatolta valuvat sade- ja sulamisvedet, sekä ympäristöstä valuvat pinta-, sade- ja sulamisvedet [1, s.63-64].

Maanvastaisia rakenteita suunniteltaessa tulee aina huomioida maaperän kosteus, joka voi olla esimerkiksi pohja- tai vajovettä [1, s.63–64].

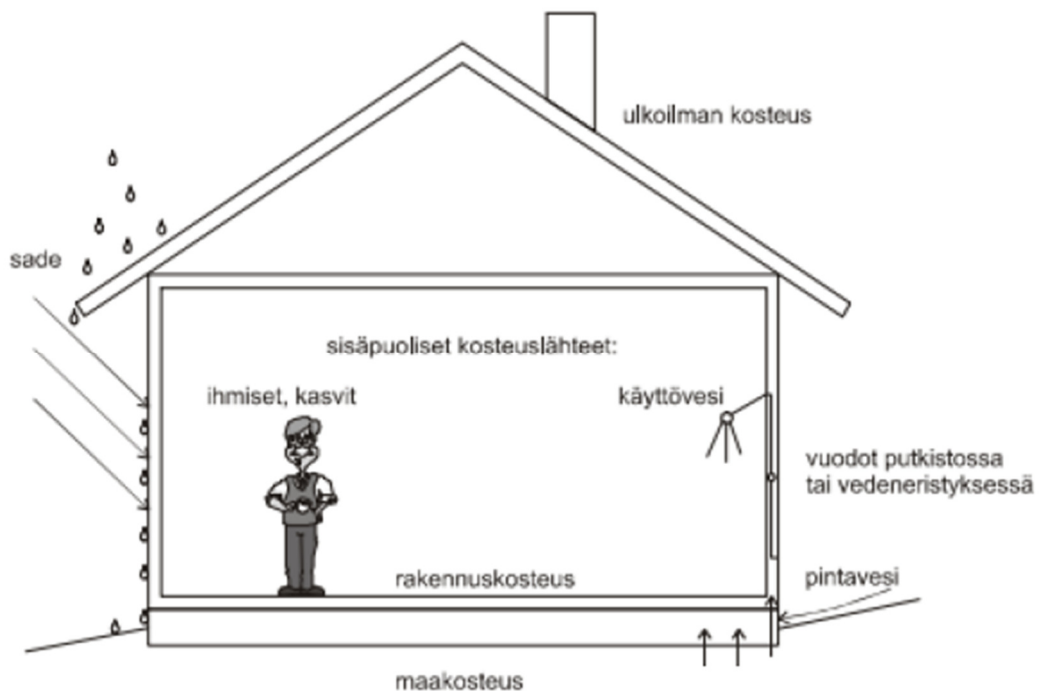
### **Ulkoilman kosteus**

Ilmassa oleva vesihöyry on ilman kosteutta, jota ei tavallisesti näe tai tunne. Vesihöyryn paljouden ilmassa määrää lämpötila. Ilma pystyy pidättämään vesihöyryä sitä

vähemmän, mitä kylmempi ilma on. Vesihöyryä siirtyy rakenteisiin ulkoilmasta. Vesi-  
höyry tiivistyy ulko- tai tuuletusvälipintoihin ja/tai sitoutuu hygroskooppisesti. [1, s.65.]

### 3.1.2 Sisäiset kosteuslähteet

Sisäisiä kosteuslähteitä ovat sisäilman kosteus, mahdolliset putkistovuodot, talotekni-  
set laitteet, rakennusajalta rakenteisiin jäänyt rakennuskosteus ja ilmanvaiht-  
on/painesuhteiden vaihtelut [1, s.65].



Kuva 1. Rakennuksen kosteuslähteet.

## 4 Kosteuden siirtyminen

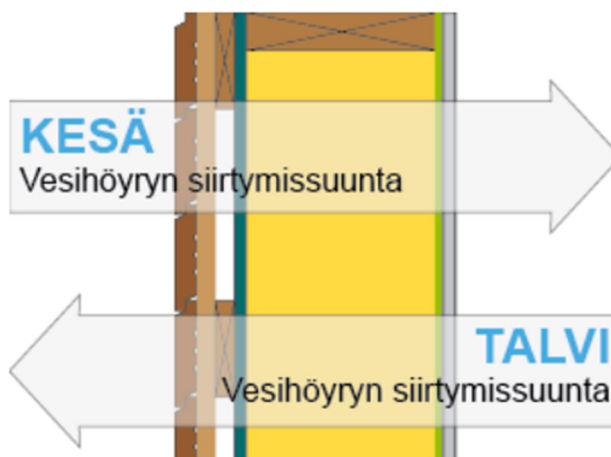
Kosteus voi esiintyä kolmessa eri olomuodossa. Se voi esiintyä kaasuna eli vesihöyry-  
nä, nesteinä eli vetenä tai kiinteänä eli lumena tai jäänä. Kosteuden siirtyminen pystyy  
tapahtumaan missä olomuodossa tahansa, joten se voi siirtyä rakenteisiin ja rakenteis-  
sa useilla eri tavoilla. Kun kosteus esiintyy kiinteänä tai nesteinä, on se helpompaa  
hallita, koska se pystytään useimmiten näkemään ja näin ollen hallitsemaan. Kaasuna

ollessaan kosteutta on vaikeampi hallita, koska vesihöyryä ei aina pystytä näkemään, joten ei tiedetä kuinka paljon sitä on ja missä sitä on. [2, s.10.]

#### 4.1 Konvektio

Ilmavirtauksien mukana siirtyy vesihöyryä ilman osakaasuna. Ilmavirtauksien mukana siirtyy myös vettä pääosin tuulen paineesta tai jostakin muusta ulkoisesta paineesta johtuen. Konvektio syntyy, jos ilmanpaineet ovat erilaiset rakenteen eri puolilla. Paine-eroja voivat aiheuttaa esimerkiksi tuuli ja lämpötilaerot. [1, s.70–71.]

Kylmänä vuodenaikana on suurin riski kosteusvaurioille, kun kosteaa sisäilmaa virtaa rakenteisiin jolloin niihin tiivistyy ilman sisältämää kosteutta. Kosteutta pääsee tiivistymään, koska rakenteet ovat kylmempiä kuin kesäaikaan. Konvektiota voidaan torjua tekemällä rakenteista tiiviitä mm höyrynsulkumuovilla. Jo pienetkin vuotokohdat rakenteissa voivat aiheuttaa suurien ilmamäärien siirtymistä konvektiolla. Pieniä vuotokohtia voivat olla esimerkiksi naulanreiät höyrynsulkumuovissa, puutteelliset tiivistykset ikkuna- ja oviaukoissa, sekä huonosti tehdyt tiivistykset seinien ja yläpohjien liitoksissa. [1, s.70–71.]



Kuva 2. Rakenteissa konvektio aiheutuu lämpötilaerojen tai ilmanpaineen eroista eri rakenneosien välillä.

#### 4.2 Painovoimainen siirtyminen

Veden painovoimaiseen siirtymiseen perustuu huomattava osa rakennuksen kosteusteknisestä toiminnasta. Räystäskourujen avulla poistetaan vesi hallitusti katolta, salaojilla kuivatetaan maapohja ja jätevedet poistetaan viemäreillä. Nämä kaikki ovat esimerkkejä veden painovoimaisesta siirtymisestä. Painovoimainen siirtyminen voi olla myös vahingollista, kun rakenteiden raoista, liittymistä ja halkeamista pääsee valumaan vettä rakenteisiin aiheuttaen kosteusvaurioriskin. [1, s.70-71.]

#### 4.3 Kapillaarinen siirtyminen

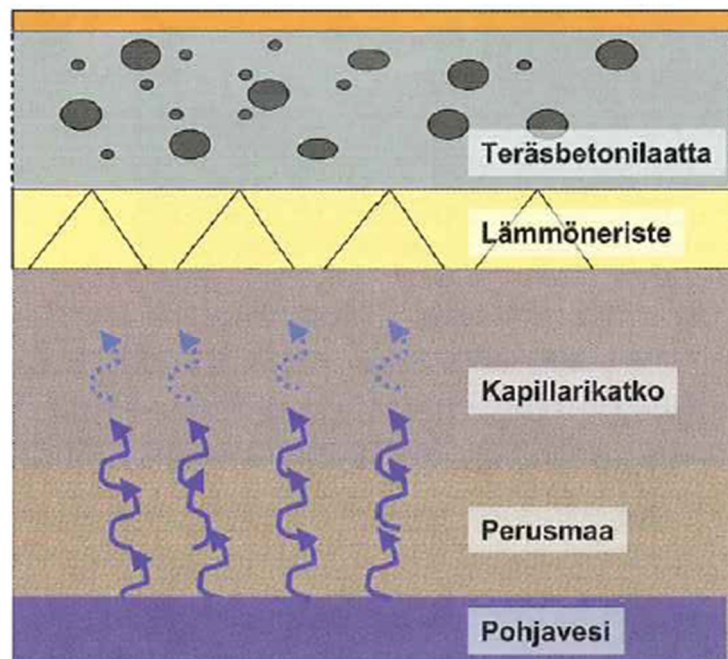
Vedessä olevien pintajännitysvoimien aiheuttaman huokosalipaineen avulla vesi pääsee siirtymään kapillaarisesti materiaaliin. Jotta siirtymistä tapahtuu, täytyy materiaalin olla kosketuksessa vapaaseen veteen tai toiseen materiaaliin, joka on kapillaarisella kosteusalueella. Materiaalin katsotaan olevan kapillaarisella kosteusalueella, kun materiaalin sisällä suhteellinen kosteus on  $> 98 \%$ . Kun kosteus nousee korkeudelle, jossa huokosalipaineen aiheuttama kapillaarinen imu ja painovoima ovat yhtä suuria, saavutetaan kapillaarinen kosteustasapaino. Merkittävä tekijä rakenteiden kosteustasapainon muodostumiseen on rakenteiden poikkipinta-ala, koska paksumpi rakenne pystyy siirtämään kosteutta enemmän kuin ohut. Rakenteita ympäröivä ilman kosteus merkitsee myös suuresti kosteustasapainoon. Ilma ei voi ottaa vastaan kosteutta, joka haihtuu rakenteista, jos ilman kosteus on  $100 \%$ . Näin ollen kapillaarinen siirtyminen rakenteissa jatkuu. [3.]

Kapillaarista veden siirtymistä voi tapahtua kaikkiin suuntiin, eli myös ylöspäin tapahtuva siirtyminen on mahdollista [1, s.71].

Eri materiaaleilla on erilainen kyky kosteuden kapillaariseen siirtoon. Esimerkiksi tiilellä kapillaarinen vedenimeytymiskerroin voi olla 10 kertaa suurempi kuin kovalla betonilla. [1, s.72.]

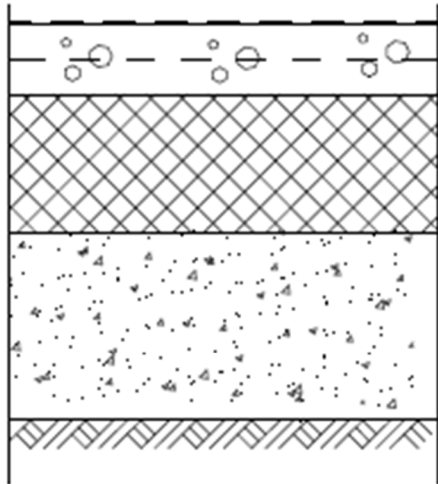
Maanvastaisissa rakenteissa kapillaarisen nousun katkaiseva kerros on hyvin tärkeä. Kerros voidaan tehdä esimerkiksi käyttäen halkaisijaltaan 6-32 mm olevaa karkeaa sepeliä 300 mm maanvaraisen betonilaatan alla. Myös sepeli on kapillaarinen materiaali, mutta sen kapillaarisesti nostama vesimäärä on pieni. Tästä johtuen sepelin käyttö

kapillaarikatkona on melko turvallinen ratkaisu. Sen sijaan pesemätön salaojasora nostaa vettä kapillaarisesti lattiarakenteisiin huomattavasti enemmän. Tiivis lämmöneristekerros, joka tehdään maanvaraisen laatan alle, parantaa rakenteen kosteusteknistä toimintaa. Eristekerros hidastaa kosteuden kulkeutumista maapohjasta betonilaattaan, joten se toimii myös osaltaan kapillaarikatkona. [1, s.72.]



Kuva 3. Maanvastaisen laatan alla tulee olla kapillaarikatko eli riittävän paksu kerros kapillaarisen veden nousun katkaisevaa maa-ainesta. Kapillaarikerroksen tulee olla paksuudeltaan suurempi kuin kyseisen maa-aineksen kapillaarinen nousukorkeus.





PAKSUUS mm	KERROS
	Pintamateriaal työvarolleen huonesellityksen mukaan. Kostelssa tiloissa Pintamateriaali ARK suunnitelmien mukaan. Vesieristys VTT sertifioitun järjestelmän mukainen Kallistukset: min.1:100, kaivojen kohdalla 1:50
100	Teräsbetonilaatta 100mm , BY45: A-3-30 raudoitus: verkko 6/6-150/150, limitys kaksi silmävällä
200	Solupolystyreenilevy, eslm. EPS100 laatta, alustan hammastukset tasataan
>=300	Kapillaarikerros salaojasepell, raekoko 8-16mm Suodatinkangas, N1/KL2 Perusmaa tai kalliokalvuuraajojen kallistus salaojiin päin 1:100

Kuva 4. Leikkauskuva esimerkkikohteen maanvaraisesta lattiarakenteesta, jossa huomioitu riittävän paksu kapillaarikerros.

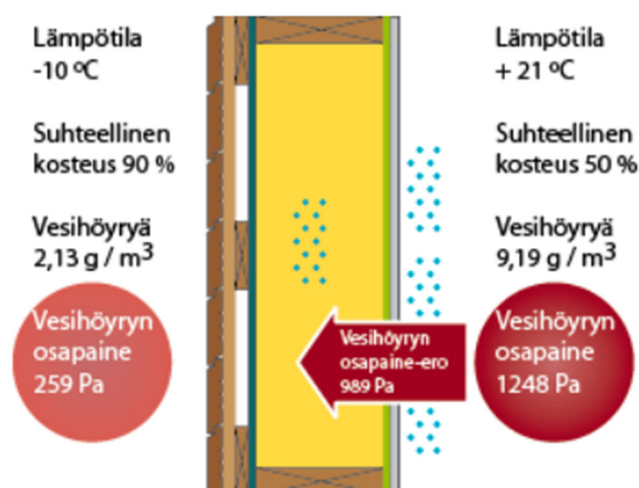
#### 4.4 Diffuusio

Diffuusion saa aikaan vesihöyrypitoisuuksien ero rakenteen eri puolilla. Vesihöyrypitoisuudet pyrkivät tällöin tasoittumaan rakenteen läpi. Diffuusiolla vesihöyry siirtyy suuremmasta vesihöyrypitoisuudesta pienempään. Diffuusiolla tapahtuvan virtauksen suuruuteen vaikuttavia tekijöitä ovat vesihöyrynpitoisuuseron suuruus ja rakenteen vesihöyrynläpäisevyys. [1, s.72.]

Materiaalikohtaiset erot vesihöyrynläpäisevyydessä ovat suuria. Paksuudeltaan 0,2 mm oleva muovikalvo läpäisee vesihöyryä noin kymmenesosan verrattuna 100 mm paksuun betoniin. 100 mm paksu betoni taas läpäisee vesihöyryä noin sadasosan verrattuna 100 mm paksuun mineraalivillaan. [3.]

Sisäilmassa on yleensä enemmän kosteutta kuin ulkoilmassa, joten diffuusion suunta on useimmiten sisätiloista ulospäin. Diffuusion suunta ei kuitenkaan määrää lämpötila-ero vaan esimerkiksi alapohjarakenteissa kosteutta voi tulla kylmemmästä lämpimämpään. [3.]

Ongelmallisin tilanne kosteusvaurioiden kannalta tulee, jos vesihöyryä pääsee rakenteeseen diffuusiolla rakenteen sisäpuolelta enemmän kuin rakenteesta voi poistua. Tällöin rakenteeseen voi tiivistyä kosteutta haitallisessa määrin etenkin kylmänä vuodenaikana. [3.]



Kuva 5. Lämmin ilma voi sisältää enemmän vesihöyryä, vaikka sen suhteellinen kosteus olisi alhaisempi.

## **5 Kosteuslähteet rakennusaikana**

Kosteus- ja homeongelmien välttämiseksi rakennusaikainen kosteus tulee minimoida panostamalla työnaikaiseen kosteudenhallintaan. Jotta rakenteet ja rakennusmateriaalit säilyisivät kuivana koko rakentamisen ajan, on tärkeää, että kosteudelta suojaus hoidetaan kunnolla jokaisessa vaiheessa. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennusmateriaalit suojataan hyvin jo tehtaiden ja jälleenmyyjien varastoilla, materiaalien kuljetusten aikana, työmaan varastoinnin aikana, sekä itse rakennusvaiheen aikana. Suurimmat riskit rakennusmateriaalien kostumiselle aiheuttaa juuri tehdassuojausten puutteellisuus tai niiden vaurioituminen, materiaalien välivarastointi ulkona, sekä asennustyön ja sen jälkeisen ajan kosteusriskit rakennuksen valmistumiseen saakka. [4, s.20.]

Huolehtimalla, että materiaalit suojataan kunnolla koko toimitusketjun ajan ja suorittamalla rakennustyönaikainen kosteudenhallinta hyvin, pystytään materiaalihukkaa pienentämään oleellisesti ja välttämään aikataulujen venymiseltä kosteusvaurioiden takia. Myös rakennuksen takuuaikaiset, kosteudesta johtuvat korjaukset ja kustannukset pystytään välttämään hoitamalla kosteudenhallinta työnaikana kunnolla. [4, s.20.]

Taulukko 1. Kuivan rakentamisen toimenpiteet. Kosteudenhallinta alkaa jo ennen varsinaista rakennusvaihetta. [9]

Hankkeen vaihe	Toimija	Toimenpiteet
Hanke-suunnittelu	Rakennus-hankkeeseen ryhtyvä, rakennuttaja	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehdään päätös vaaditusta kuivanapidon tasosta</li> <li>- Tehdään varaus kustannusarvioon</li> <li>- Päätetään rakentamisen ajoitus</li> </ul>
Rakennus-suunnittelu	Suunnittelijat, pää rakenne-suunnittelija koordinoi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suunnitellaan rakenteiden rakentamisen ja käytönaikaisen toimivuus</li> <li>- Kirjataan kosteudenhallinnan tavoitteet ja ohjeet suunnitelmiin</li> <li>- Arvioidaan rakenteiden kosteusvaurioitumisriskit</li> <li>- Määritellään alustavalla riskiarviolla hankkeen kosteustekninen vaatavuus</li> <li>- Tehdään suunnitelmille kosteustekninen tarkastus (tarvittaessa ulkopuolinen asiantuntija)</li> </ul>
Tuotannon-suunnittelu	Päätöteuttaja, pää rakenne-suunnittelija avustaa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suunnitellaan kosteuden torjunnan osana koko työmaan toteutussuunnittelua</li> <li>- Tehdään kosteuden valvontasuunnitelma</li> <li>- Laaditaan yleisaikataulu, jossa huomioidaan mm. rakenteiden kuivumisajat</li> <li>- Laaditaan tehtäväsuunnitelmat</li> <li>- Suunnitellaan kuivanapito erikseen jokaiseen rakennusvaiheeseen mm. materiaalien ja rakenteiden osalta</li> </ul>
Työn suunnittelu ja toteutus	Päätöteuttaja ja urakoitsijat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kirjataan vaatimukset aliurakoitsijoille tarjouspyyntöihin ja sopimukseen sekä ohjeet työntekijöille</li> <li>- Huolehditaan kuivanapidon toteutuksesta</li> <li>- Käsitellään kuivanapitoa kokouksissa ja palaverissa</li> <li>- Valvotaan olosuhteiden</li> </ul>



Kuva 6. Rakennusaikaista suojausta

### 5.1 Rakennusmateriaalien kuljetukset

Rakennusmateriaaleja kuljetetaan työmaille useimmiten rekka-autoilla pitkienkin matkojen päästä, oli sää mikä tahansa. Monien kuljetuksiin käytettävien rekka-autojen lavat ja perävaunut ovat avonaisia, jolloin lumi- ja vesisade saattaa kastella kyydissä olevat materiaalit. Tästä syystä kaikki materiaalit tulisi tilata jo tehtaalta asti kosteudelta suojattuina.

Avonaisia perävaunuja käytetään lähes poikkeuksetta elementtien toimittamiseen sillä silloin ne ovat helposti purettavissa kyydistä nosturilla. Myös elementtien suuri koko aiheuttaa sen, että umpinaisia perävaunuja ei pystytä käyttämään. Usein myös rautakaupoista ja tavarantoimittajilta tulevat toimitukset, kuten esimerkiksi puutavara tulee kuorma-autojen avonaisilla lavoilla. Avonaisia lavoja käytetään, jotta tavarat pystytään purkamaan pois kyydistä työmaalla ajoneuvojen omilla nostimilla.

## 5.2 Esimerkkikohteen rakennusmateriaalien kuljetukset

Elementtitehdas toimitti suurelementit suojattuina lialta ja säältä. Suojaus toteutettiin levittämällä kauttaaltaan elementin ympärille muovi, joka kiristettiin tuotteen ympärille, jolloin se ei kuljetuksenkaan aikana päässyt irtomaan. Myös kipsilevyt, puutavara, villat ja muut materiaalit tilataan aina kosteudelta suojattuina.



Kuva 7. Elementti suojattuna kauttaaltaan suojamuovein.

## 5.3 Rakennusmateriaalien varastointi

Työmailla joudutaan usein varastoimaan rakennusmateriaaleja ulkona, ennen kuin ne pystytään sijoittamaan lopulliseen käyttökohteeseen. Materiaaleja tilataan usein suurissa erissä turhien rahtikulujen välttämiseksi, jolloin osa materiaaleista saattaa olla varastoituna ulos pitkiäkin aikoja. Varastoinnista aiheutuu paljon ylimääräistä työtä, kun tavaraniippuja joudutaan suojaamaan kevytpeittein kastumisen estämiseksi. On myös aina olemassa riski, että kevytpeitteet irtailevat kovalla tuulella ja materiaalit pääsevät kastumaan. Myös ilmankosteuden ollessa suuri rakennusmateriaalit saattavat kastua, vaikka ne olisivatkin peitelty huolellisesti. Varastoinnissa on myös huomioitava, että materiaalit eivät ole suoraan kosketuksissa maahan vaan ovat varastoituna esimerkiksi



kuormalavan päälle. Nykyisin useat rakennusmateriaalien valmistajat antavat tuotteilleen ohjeet oikeaoppiseen varastointiin. Ohjeista selviää, kuinka materiaalit tulee säilyttää työmailla, sekä kuinka suojaus kosteutta vastaan hoidetaan. Ohjeita löytyy valmistajien kotisivuilta ja usein myös tavaraniippujen mukana toimitetaan ohjeet. [5, s.6.]

Ulkona varastoitaessa materiaalit ovat myös huonommin suojassa varkailta ja ilkivallalta.



Kuva 8. Rakennusmateriaaleja varastoituna kuormalavojen päälle kevytpeittein suojattuna.

Materiaalien tilaukset ja toimitusajankohdat pitäisi suunnitella etukäteen siten, että materiaalit saataisiin varastoitua suoraan sisätiloihin ilman välivarastointia ulkona. Toimitusajankohdat pitäisi suunnitella myös siten, että materiaalit eivät tulisi työmaalle liian aikaisin. Liian aikaisin sisätiloihin varastoidut materiaalit ovat muiden tiellä ja haittaavat useimmiten edeltävien työvaiheiden suorittamista. [5, s.6.]

Runkovaiheessa materiaalit saattavat kastua vaikka ne olisikin varastoituna rungon sisäpuolella, sillä runko ei vielä ole vesitiivis. Lisäksi betonilattioille varastoidut materiaalit estävät kosteuden haihtumista betonista tavaraniippujen alapuolella. [5, s.6.]

Materiaalien kastuminen varastoinnin aikana aiheuttaa työmaalle erilaisia haittoja. Kastuneen materiaalin tilalle saatetaan joutua tilamaan uutta materiaalia, tai kastuneen

materiaalin kuivumista joudutaan odottamaan. Näistä haitoista aiheutuu useimmiten lisäkustannuksia ja aikataulujen venymistä, joka lisää vielä osaltaan kustannuksia. [5, s.6.]



Kuva 9. Rakennusmateriaaleja varastoituna suojapeitteen alle.

## 6 Suojauskalusto

Kosteudelta suojautumiseen rakennusaikana voidaan käyttää sääsuojia, julkisivusuojia sekä erilaisia suojapeitteitä. Sääsuojat soveltuvat monenlaisiin kohteisiin aina perustustöistä kattotöihin ja niiden avulla voidaan tarvittaessa myös huputtaa koko rakennus. Suojapeitteet taas soveltuvat lähinnä vain rakennustarvikkeiden varastoinnin aikaiseen suojaukseen. [4, s.26-27.]



**Suojausmenetelmän valintaan vaikuttavat**

- rakennuksen sijainti, koko ja muoto
- rakenneratkaisut
- rakennusmateriaalit
- rakentamisajankohta
- rakentamisnopeus ja työjärjestys
- vaaditut olosuhteet
- kustannukset
- tilaajan vaatimukset.

Kuva 10. Suojausmenetelmän valintaan vaikuttavia tekijöitä.

## 6.1 Suojapeitteet

Suojapeitteisiin kuuluu rakennus-, julkisivu- ja erikoispeitteet. Peitteiden materiaali on useimmiten joko polyesteri- tai verkkokangasta, PVC-päällysteistä tekokuitukangasta tai polyeteenimuovia. [6, s.18-20.]

Rakennuspeitteet ovat PVC-kankaasta valmistettuja peitteitä, jotka kestävät säästä ja eri vuodenaajoista aiheutuvat rasitukset. Lisäksi ne läpäisevät huonosti auringonvaloa. Peitteen liepeessä on reunavahvistetut renkaat ja kiinnitysnarut jotka helpottavat peitteen käyttöä. Rakennuspeitteiden yleisimmät koot ovat 4x6 m, 5x7 m ja 6x9m. [6, s.18-20.]

Peitteiden käyttö rakennuksen suojaustarkoitukseen ulkopuolisia kosteusrasituksia vastaan on menettänyt merkitystään viime vuosina, koska suojapeitteiden avulla on käytännössä mahdotonta suojata tiiviisti ja saumattomasti. Ongelmiksi muodostuvat yleensä aina peitteiden väliset saumat ja niistä rakenteisiin vuotava vesi. Suojapeitteet soveltuvatkin parhaiten lähinnä varastoitavien rakennusmateriaalien ja elementtien suojaamiseen. Ne soveltuvat myös hyvin esimerkiksi runkovaiheen aikana tapahtuviin lyhytkestoisiiin suojauksiin, kuten esimerkiksi holvin suojaamiseen. Suojauksessa tulee käyttää mahdollisimman suuria peitteitä, jolloin saumoja tulisi mahdollisimman vähän. Suojauksesta on kuitenkin suurta hyötyä, vaikka peitteiden väliset saumat eivät olisi-

kaan täysin pitäviä, sillä esimerkiksi talvella peitteet estävät lumen ja jään pääsemisen suojattavalle pinnalle. [6, s.18-20.]

Peitteiden käytössä esiintyviä käytännön ongelmia aiheuttavat esimerkiksi holvissa olevat aukot ja suojakaiteet, jotka vaikeuttavat peitteiden levitystä [6, s.18-20].



Kuva 11. Rakennusaikaista sääsuojausta toteutettuna suojapeitteellä.

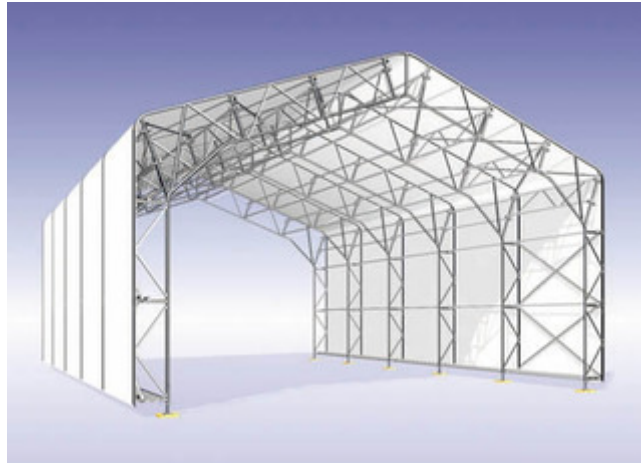
## 6.2 Sääsuojat

Sääsuojat ovat pääasiassa teräs- tai alumiiniristikkorunkoisia rakenteita, jotka kasataan työmaalla. Niiden katemateriaalina käytetään useimmiten PVC-kangasta. Sääsuojien koot vaihtelevat leveyden osalta 5 metristä aina 25 metriin. Pituussuunnassa ne koostuvat kuusi metriä pitkistä moduuleista, joita voidaan yhdistää työmaalla toisiinsa tarvittava määrä. Sääsuojien kokoamiseen ja siirtelyyn tarvitaan nosturia. Suoja voidaan myös koota kiskojen päälle, jolloin sitä pystytään liikuttelemaan työn etenemisen ja suojaustarpeiden mukaisesti. Sääsuojan ankkurointiin on syytä kiinnittää erityistä huomiota. [6, s.20-22.]

Sääsuojan avulla voidaan suojata tehokkaasti rakenteilla olevan rakennuksen ylin holvi ja matalat rakennukset voidaan suojata suojan avulla kokonaan. Tällöin rakennuksen vierelle pystytetään telineet, joiden varaan sääsuoja asennetaan. Tämä ei kuitenkaan ole kannattavaa yli kolmikerroksisessa rakennuksessa telineistä ja niiden rakentami-

sesta muodostuvien kustannusten vuoksi. Sääsuojaa soveltuu lisäksi käytettäväksi myös rakennusmateriaalien varastoinnin suojaratkaisuna. Tällöin materiaalit ovat hyvässä suojassa kosteudelta, mutta kuitenkin tarvittaessa saatavilla nopeasti käytettäväksi. [6, s.20-22.]

Sääsuojan käytön etuna peitteillä suojaamiseen nähden on lisäksi hyvä tuulettavuus, joka on peitteitä käytettäessä melko ongelmallista toteuttaa [6, s.20-22].



Kuva 12. Sääsuojan rakenne.

## 7 Rakennusaikainen lämmitys ja kuivatus

Lämmittämisellä rakennusaikana tavoitellaan suunnitelma-asiakirjojen mukaisia olosuhteita rakennuksen tiloille ja rakenteille, sekä itse työskentelylle. Lämmittämiseen liittyy oleellisesti myös kuivattaminen rakennusaikana, jonka tavoitteena on poistaa runko- ja pintarakenteista kosteutta. Kosteuden tulee myös poistua tehokkaasti rakennuksen sisätiloista, jotta rakenteiden kuivuminen on mahdollista. Näillä toimenpiteillä varmistetaan rakennusprosessin eteneminen aikataulussa, sekä rakenteiden ja pintojen kuivuminen raja-arvoihin ennen päällystystyötä. [7, s.1-2.]

Varsinkin esimerkiksi maalaus- ja tasoitetyöt, vedeneristys- ja laatoitustyöt, sekä erilaiset lattianpäällystystyöt asettavat alusrakenteelle erilaisia kosteusvaatimuksia, jotka tulee täyttyä ennen kyseistä työvaihetta [7, s.1-2].

Eri työvaiheissa rakennukseen kulkeutuu rakennusmateriaalien mukana paljon vettä, joka on poistettava. Esimerkiksi betonirakenteiden ja muurattujen rakenteiden valmistukseen käytetään paljon vettä, joka rakenteiden kuivuessa haihtuu rakennuksen sisätiloihin. Myös erilaiset tasoitteet ja maalit sisältävät paljon vettä, joista aiheutuu rakennukseen suuri ilman kosteuspitoisuus. [8, s.5.]

Ilma voi sisältää tietyssä lämpötilassa vain tietyn määrän kosteutta. Jos kosteutta alkaa tiivistyä pinnoille, on ilman kosteus liian suuri ja ilma kyllästyy (suhteellinen kosteus 100 %). Lämpötila on merkittävä ilman kosteuteen vaikuttava tekijä; mitä lämpimämpi ilma, sitä enemmän kykyä sitoa kosteutta. [9, s.5.]

Talvella lämmin ja kuiva sisäilma sitoo paljon kosteutta, joka täytyy poistaa rakennuksesta tuulettamalla. Kesällä taas lämmin ulkoilma voi olla valmiiksi niin kostea, että siihen ei enää pysty sitoutumaan lisää kosteutta. Näin ollen suhteellinen kosteus sisällä pysyy korkeana, eivätkä rakenteet kuiva pelkän tuuletuksen avulla. Jos pelkkä tuuletus ei riitä, käytetään ilmankuivaimia. [9, s.5; 7, s.3.]

Kuivumista voidaan tehostaa seuraavilla tavoilla:

- lämmittämällä rakennetta
- aiheuttamalla ilmavirtauksia rakenteen ympärille
- alentamalla rakennetta ympäröivän ilman suhteellista kosteutta. [9, s.5.]

**Kuivaus ja lämmitys keväällä, kesällä ja syksyllä**

- Jos ilmankosteus n. 50 %, riittää tuuletus.
- Jos ilmankosteus yli 50%, tiivistetään talon vaippa ja kuivataan rakennetta ympäröivää ilmaa.

**Kuivatus ja lämmitys talvella**

- Kylmällä säällä ulkoilma on kuivaa.
- Huolehditaan ensisijaisesti riittävästä lämpötilasta sekä ilmanvaihdoista tiloissa, joihin rakenteita kuivataan.

Kuva 13. Ohjeita rakennuksen kuivatukseen ja lämmitykseen eri vuodenaikoina.

Syksyllä ja kesällä rakenteiden kuivattaminen on useimmiten edullisempaa ilman-kuivaajilla kuin lämmityksen ja ilmanvaihdon avulla. Kuivattaminen vaatii aina energiaa, joko kuivattamiseen tai sitten lämmittämiseen. Onkin suositeltavaa panostaa veden poistoon, suojaukseen ja tarvittaessa vesi-imurointiin, koska tiivistyneen kosteuden poistaminen lämmittämällä on huomattavasti tehottomampaa ja kalliimpaa kuin tiivistymisen estäminen. [9, s.5.]

## 7.1 Rakennuksen kuivattaminen

Kuivattamisella pudotetaan ilman suhteellista kosteutta, jolla pyritään saamaan ympäröivät rakenteet vallitsevan ilmassan kanssa tasapainotilaan. Tasapainotila edesauttaa rakenteita kosteuden luovutuksessa ympäröivään tilaan. Rakennuksen kuivattamiseen on kolme menetelmää, jotka ovat avoin järjestelmä, suljettu järjestelmä ja pika-kuivaus. [8, s.5-6.]

### 7.1.1 Avoin järjestelmä

Avoimessa järjestelmässä rakennuksen sisäilmaa lämmitetään valitulla lämmitysjärjestelmällä. Lisäksi rakennukseen on järjestettävä riittävä ilmanvaihto, jotta lämpimän ilman sitoma kosteus saadaan johdettua pois rakennuksesta ja tuotua tilalle kuivaa ilmaa sitomaan lisää kosteutta. Järjestelmä on sopiva käytettäväksi talvella, jolloin kylmä ulkoilma on kuivempaa kuin lämmin sisäilma. [8, s.6.]

### 7.1.2 Suljettu järjestelmä

Suljettu järjestelmä soveltuu käytettäväksi esimerkiksi kesällä tai syksyllä, jolloin ilman kosteussisältö on suuri. Tällöin ero ulko- ja sisätilan välisessä kosteussisällössä on pieni, joten ilma ei pysty vastaanottamaan kosteutta paljoa, vaikka tuuletus olisikin toimiva. [2, s.19.]

Sisäilman kosteuden poistamiseen käytetään ilmankuivaimia, joita on kahdenlaisia: kondenssikuivain ja adsorptiokuivan. Ilmankuivaimet keräävät huoneilmasta ylimääräisen kosteuden pois, joka täytyy johtaa hallitusti pois. Hallittu poisto voidaan suorittaa esimerkiksi viemäriputkiston tai astioiden avulla. [8, s.7.]

Suljetussa järjestelmässä rakennus täytyy tiivistää hyvin, jotta ilma sisätilassa ei juuri vaihtuisi. Jos ulkoa pääsee virtaamaan sisälle kosteaa ilmaa, ilmankuivain alkaa kuivattaa sisäilman lisäksi ulkoilmaa. Tällöin kuivatusaika lisääntyy, kuivatustehokkuus heikenee ja kustannukset kasvavat. [2, s.19.]

### 7.1.3 Pikakuivaus

Pikakuivatuksessa lämmitysenergia siirretään suoraan rakenteeseen esimerkiksi säteilijöillä tai käyttämällä lattiarakenteen omaa lattialämmitystä. Tällöin rakenteen lämpötila nousee ja kuivuminen nopeutuu. [8, s.7.]

## 7.2 Rakennuksen lämmitys- ja kuivatusjärjestelmät

Markkinoilla on nykyään tarjolla useita erilaisia vaihtoehtoja työnaikaisen kuivatuksen ja lämmityksen järjestämiseen. Kaikki järjestelmät tarvitsevat kuitenkin toimiakseen jonkin energianlähteen, jonka valinta tulee tehdä työmaakohtaisesti vallitsevan käyttötarpeen ja ympäristöolosuhteiden mukaan. Järjestelmien energianlähteenä voivat toimia sähkö, nestekaasu, öljy tai kaukolämpö. Energianlähteiden eroina ovat muun muassa saataavuus, valvonnan tarve, hyötysuhde ja hinta. [8, s.7; 2, s.16.]

Rakennuksen lopullinen lämmitysjärjestelmä kannattaa pyrkiä yleensä ottaa käyttöön mahdollisimman pian. Tällöin rakennus lämpiää tasaisemmin eivätkä ylimääräiset laitteet, letkut tai johdot häiritse työskentelyä. Lisäksi vältetään turhilta vuokratilustojen kustannuksilta. [7, s.3.]

### 7.2.1 Sähkö

Sähkökäyttöiset lämmittimet ovat pienikokoisia, joten niitä on helppo siirrellä ja sijoittaa sinne missä lämpöä tarvitaan. Lisäksi ne ovat hiljaisia, niiden käytöstä ei aiheudu paikallisia päästöjä eikä niitä tarvitse valvoa, joten ne ovat turvallinen vaihtoehto käytettäväksi. Sähkön huonona puolena voidaan pitää mahdollisia sähkökatkoja tai oikosulkuja, jotka keskeyttävät sähkön saannin. Etenkin talvella kovalla pakkasella sähkölämmittimien tehontarve voi nousta korkeaksi, joka tulee huomioida mitoitettaessa työmaan työaikaista sähköistystä. [10; 2, s16.]

Sähköllä hyötysuhde on 1.0, joka tarkoittaa, että ostettaessa 1 kWh energiaa saadaan käyttöön myös 1 kWh energiaa [2, s.16].

Sähköä energianlähteenä käyttäviä lämmittimiä ovat puhaltimet ja säteilijät. Puhaltimia löytyy eritehoisia, 3 kilowatista jopa 40 kilowattiin. Puhaltimia voidaan käyttää myös pelkkään tuuletukseen, ilman, että lämmitysvastus on käytössä. Säteilijöiden lämmitys perustuu infrapunalämmittämiseen, jossa ei lämmitetä lämmittimen ja kohteen välistä ilmaa, vaan pelkkää kohdetta. [11.]



Kuva 14. Sähkökäyttöinen lämmitin.

### 7.2.2 Nestekaasu

Nestekaasulämmittimet ovat tehokkaita ja nopeita lämmöntuottajia, joten ne soveltuvat hyvin suurta lämmitystehoa vaativiin kohteisiin. Niitä ei kuitenkaan ole suositeltavaa käyttää enää sisävalmistusvaiheessa, sillä nestekaasun palamisreaktiossa muodostuu vesihöyryä ja hiilidioksidia. Palamisreaktio kuluttaa paljon happea, yhden nestekaasukilon palamiseen sitä tarvitaan noin 12 m<sup>3</sup>. Onkin tärkeää huolehtia, että ilmanvaihto lämmitettävässä tilassa toimii, jotta palamisreaktioon riittää happea ja vesihöyry poistuu tilasta. Nestekaasu ei muodosta terveydelle haitallisia palokaasuja, koska se palaa puhtaasti. [10; 2, s.16.]

Nestekaasu tarvitsee säiliön varastointia varten, joko suuren säiliön tai pienemmän nestekaasupullon tarpeesta riippuen. Lämmittimet itsessään ovat pienikokoisia. Ne voidaan siirtää helposti paikkaan johon lämmitystä tarvitaan, sillä letkujen ja pikaliittimien avulla järjestelmän kapasiteettiä voidaan kasvattaa vaivattomasti. [8, s.46-47.]

Nestekaasulla hyötysuhde on noin 0,8, joka on melko hyvä. Yhdestä nestekaasukilosta saadaan lämmitysenergiaa noin 12,8 kWh. [8, s.48.]

Nestekaasulämmittimiä on saatavilla puhaltimina ja säteilylämmittiminä ja ne ovat yleensä ulkoisesti samanlaisia kuin sähkölämmittimetkin, vain energianlähde ja lämmitysteho ovat erilaiset. Nestekaasulämmittimien tehot ovat yleensä 10-100 kW. [10.]

Varastoitaessa ja säilytettäessä kaasua työmaalla tulee huomioida turvallisuusmääräykset. Esimerkiksi varastoitaessa 200 kg tai enemmän nestekaasua, on siitä tehtävä ilmoitus alueelliselle pelastuslaitokselle. [12.]



Kuva 15. Nestekaasukäyttöisiä lämmittimiä.

### 7.2.3 Polttoöljy

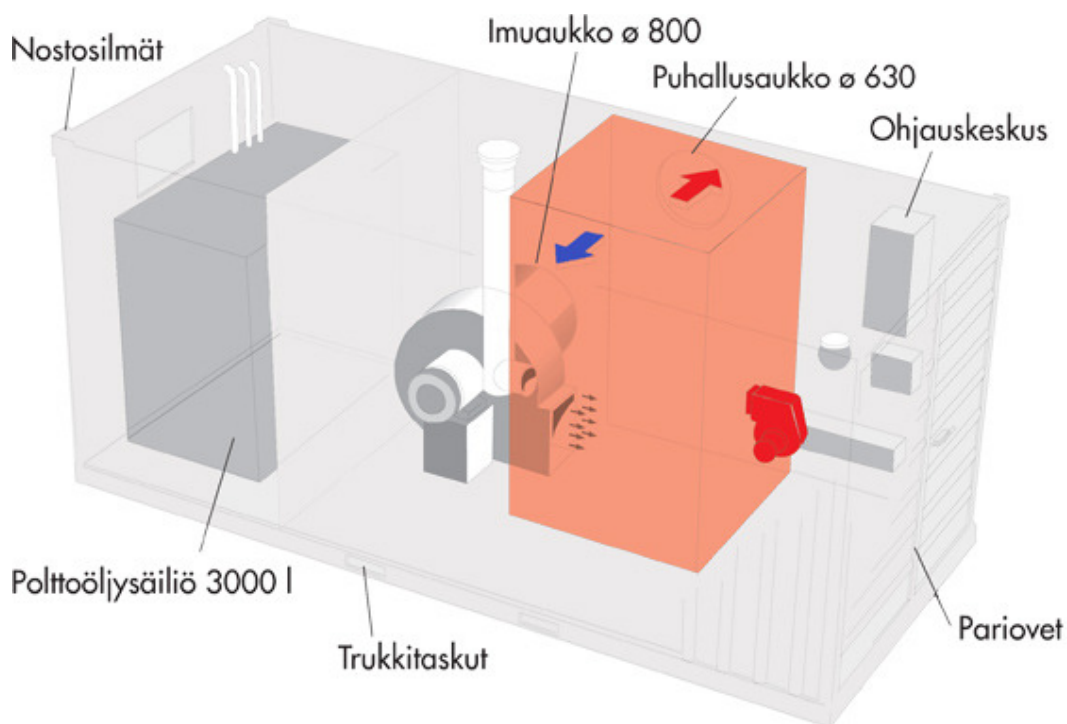
Polttoöljykäyttöinen öljylämmitin on sen energiatehokkuutensa ansiosta tehokas tapa lämmittää rakennusaikana ja ne soveltuvatkin parhaiten suurten rakennusten ja laajojen alueiden lämmitykseen [10].

Polttoöljyä polttoaineena käyttäviä rakennuslämmittimiä on tarjolla pienemmistä puhaltimista suuriin lämmityskontteihin. Lämmittimet tarvitsevat toimiakseen myös sähköä, jonka avulla saadaan lämmittimen puhallin toimimaan. Sähkönkulutus on kuitenkin varsin pientä, etenkin verrattaessa sähkökäyttöisiin lämmittimiin. [8, s.42.]

Lämpökontti on kooltaan suuri, siinä lämmitysyksikkö on sijoitettu laivauskonttiin. Suuren kokonsa vuoksi sitä säilytetään ulkotiloissa, joista lämmin ilma ohjataan suurten letkujen avulla lämmitettävään kohteeseen. Lämpökontti pystyy tuottamaan lämpöte-



hoa lähes 400 kW, sen siirtämä ilmamäärä on 18 000 m<sup>3</sup>/h ja polttoöljynkulutus maksimissaan 36 kg/h. [11.]



Kuva 16. Polttoöljykäyttöinen lämpökontti.

Lämmityskonttia pienempi vaihtoehto on öljysäiliöllä varustettu lämmitysyksikkö, jonka nimellisteho on 195 kW. Sen liikuttama ilmamäärä on 13 350 m<sup>3</sup>/h ja se kuluttaa polttoöljyä maksimissaan 21 l/h. Laitteen teho riittää lämmittämään jopa yli 7000 m<sup>3</sup> tilan. Lämmitysyksikkö sijoitetaan lämmityskontin tapaan rakennuksen ulkopuolelle, josta lämmin ilma johdetaan letkujen avulla rakennukseen. [8, s.44.]



Kuva 17. Polttoöljykäyttöinen lämmitysyksikkö.

Markkinoilla on myös pienempikokoisia polttoöljyllä toimivia lämmittimiä joiden tehot vaihtelevat 30 kW:n ja 120 kW:n välillä. Pienen kokonsa ansiosta niitä voidaan siirrellä helposti ja ne voidaan sijoittaa rakennuksen sisällekin. Sisälle sijoitettaessa laitteet tarvitsevat putken, jonka avulla haitalliset savukaasut johdetaan rakennuksesta pihalle. Laitteissa ei ole omaa polttoainesäiliötä, vaan rakennuksen ulkopuolelle sijoitetaan erillinen säiliö, josta polttoöljy johdetaan lämmittimelle imuletkun avulla. Lämmittimet kuluttavat polttoöljyä 3,5 – 11 l/h ja niiden tuottama ilmamäärä on 2800 – 5500 m<sup>3</sup>/h, riippuen lämmittimen tehosta. [13.]



Kuva 18. Siirrettävä öljylämmitin.

Öljy ei nestekaasun tavoin pala puhtaasti, joten palaessaan öljy muodostaa palokaasuja ja nokea. Laitteet tuleekin sijoittaa työmaalla siten, etteivät ne häiritse työmaata tai naapurustoa. [2, s.16.]

#### 7.2.4 Kuumavesi

Vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä soveltuu käytettäväksi kohteisiin joissa on käytössä toimiva kaukolämpöverkko tai rakennuksen oma kiertovesijärjestelmä, koska laitteet tarvitsevat toimiakseen lämmönvaihtimen. Mikäli työmaalla ei vielä ole toimivaa kaukolämpöverkkoa, voidaan lämmin vesi tuottaa erillisellä lämpökontilla. [11; 13.]

Laitteiden toiminta perustuu lämpimään tuloveteen ja imuilmaan, tulovesi johdetaan vesikennostoon, jonka lävitse kulkeva imuilma muuttuu puhallusilmaksi kohteeseen. Tulovesi kiertää kennoston lävitse ja palaa sen jälkeen takaisin vesikiertojärjestelmään tai kaukolämpöverkostoon. Myös vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä tarvitsee toimiakseen pienen määrän sähköä, jotta laitteiden puhaltimet toimivat ja ilma saadaan liikku-  
maan. [8, s.52.]

Vesikiertoisia lämmittimiä löytyy useampaa erilaista mallia. Niiden tehot ovat mallista riippuen 50 - 250 kW ja liikutettava ilmamäärä 1000 – 20 000 m<sup>3</sup>/h. [13.]



Kuva 19. Kaukolämpöverkkoon kytkettäviä kiertovesilämmittimiä.

### 7.2.5 Puhaltimet

Puhaltimet ovat tehokkaita ja yksinkertaisia laitteita ilman liikuttamiseen rakennustyömailla. Ne ovat pienen kokonsa vuoksi helposti siirrettävissä ja toimiakseen ne tarvitsevat vain verkkovirtaa. Yleisimmin rakennustyömailla käytetyt puhaltimet ovat simpukkapuhallin ja aksaalipuhallin. Puhaltimet soveltuvat käytettäväksi ilman kierrättämiseen tilojen välillä, kosteuden poistoon tilasta tai pintojen kuivattamiseen. Aksaalipuhallinta voidaan käyttää myös pelkästään ilman poisjohtamiseen rakennuksesta laitteeseen liitettävällä putkistolla. [8, s.55.]



Kuva 20. Vasemmalla simpukkapuhallin ja oikealla aksaalipuhallin.

### 7.2.6 Kondenssikuivain

Kondenssikuivain toimii siten, että huonetilassa oleva kostea ilma johdetaan kuivaimen läpi kylmään kennostoon jolloin kostea ilma jäähtyy ja tiivistyy siihen tarkoitetuille pinnoille. Kuivatettu ilma puhalletaan takaisin huonetilaan, joten kondenssikuivain myös lämmittää hieman ympäröivää ilmaa. Tiivistynyt vesi johdetaan joko kuivaimessa olevaan säiliöön tai putkia pitkin pois tilasta, esimerkiksi suoraan viemäriin. Laitteissa oleva säiliö on varsin pieni, joten onkin suositeltavaa johtaa vesi suoraan pois tilasta, jolloin vältetään astian tyhjentämisiltä. [2, s.18; 14.]

Käytettäessä kondenssikuivainta tulee varmistaa, että kuivattavan tilan lämpötila on riittävä tehokkaaseen kuivatukseen. Suositeltavana lämpötilana voidaan pitää +20-30 °C. Kondenssikuivain toimii tehokkaasti erityisen kosteissa tiloissa, sen toimintakyky heikkeneekin radikaalisti huonetilan suhteellisen kosteuden laskiessa. [14.]



Kuva 21. Kondenssikuivain

### 7.2.7 Adsorptiokuivain

Adsorptiokuivaimessa kostea huoneilma johdetaan myös kuivaimen läpi kuten kondenssikuivaimessakin. Adsorptiokuivaimen sisällä on vesimolekyyliä sitovaa kuivausainetta, joka kerää kosteuden itseensä. Kerätty kosteus johdetaan ulos rakennuksesta vesihöyrynä poistoletkujen avulla sijoittamalla letkun poistopää ulos rakennuksesta. Kuivatettu ilma johdetaan takaisin huonetilaan, jolloin se myös lämmittää ympäröivää tilaa. [14.]

Adsorptiokuivain toimii tehokkaasti lähes kaikissa lämpö- ja kosteusolosuhteissa, mutta kondenssikuivain on tehokkaampi kuivatusmenetelmä äärimmäisen kosteisiin olosuhteisiin. Adsorptiokuivain toimii paremmin taas yleiskuivaimena ja kokonaisvaltaisena tehokuivaimena, kun halutaan kuivata rakenteet loppuun asti. [14.]



Kuva 22. Adsorptiokuivain.

### 7.2.8 Yhdistelmäkuivain

Yhdistelmäkuivaimen kuivaustapa perustuu adsorptiokuivaukseen, mutta vedenpoisto laitteesta hoidetaan ilmajäähdysteisen kondenssiyksikön kautta. Laite poistaa kondensoituvan veden automaattisesti sisään rakennetun pumpun avulla. [15.]

Laite soveltuu laiteominaisuuksien ansiosta käytettäväksi hyvinkin erilaisiin lämpö- ja kosteusolosuhteisiin ja se soveltuu hyvin myös mataliin lämpötiloihin [15].

Yhdistelmäkuivain soveltuu käytettäväksi esimerkiksi kellaritiloissa, joissa adsorptiokuivaimen vesihöyryletkua ei pystytä johtamaan pois tilasta ja vastaavasti kondenssikuivaimelle ei saada riittävästi lämpöä. [14.]



Kuva 23. Yhdistelmäkuivain.

### 7.3 Tyypillisimmät virheet ja ongelmat kuivatuksessa

- Kuivattaviksi haluttujen rakenteiden pintoja ei ole saatettu riittävän hengittäviksi, esimerkiksi betoniliimat, tasoitteet, vedeneristeet, pöly, roskat, suuret tavaraniput lattialla.
- Kuivattava tila ei ole riittävän tiivis vaan kosteaa korvausilmaa pääsee tilaan esimerkiksi ulkoa tai muusta kuivausalaan kuulumattomasta tilasta.
- Kosteus on poistettu väärin → kondenssikuivaimen säiliö on täynnä tai poistovesi pääsee valumaan takaisin kuivattavaan tilaan. Adsorptiokuivaimen poistoletkua ei ole liitetty tai se on johdettu ulos avoimesta tulppaamattomasta ikkunasta, josta pääsee kosteaa korvausilmaa kuivattavaan tilaan.
- Lämpötila- kosteusolosuhde eivät kohtaa valitun kuivainlaitetyypin kanssa.
- Kuivainlaitekapasiteetti on mitoitettu väärin.
- Laitesuodattimet ovat likaisia tai pölyisiä.
- Ilma ei jostain syystä tasaannu tilassa ja lisäilmansiirtimiä ei ole asennettu. [14.]

### 7.4 Esimerkkikohteen kuivatus ja lämmitys

Esimerkkikohteessa rakennusaikaista lämmitystä hoidettiin pääosin kohteen omalla lattialämmitysjärjestelmällä. Ennen kuin lattialämmitysjärjestelmä voitiin ottaa käyttöön, jouduttiin väliaikaista lämmitystä hoitamaan kaukolämpöverkkoon liitettävillä kiertovesilämmittimillä, sekä hetkittäin sähkökäyttöisillä lämmittimillä.

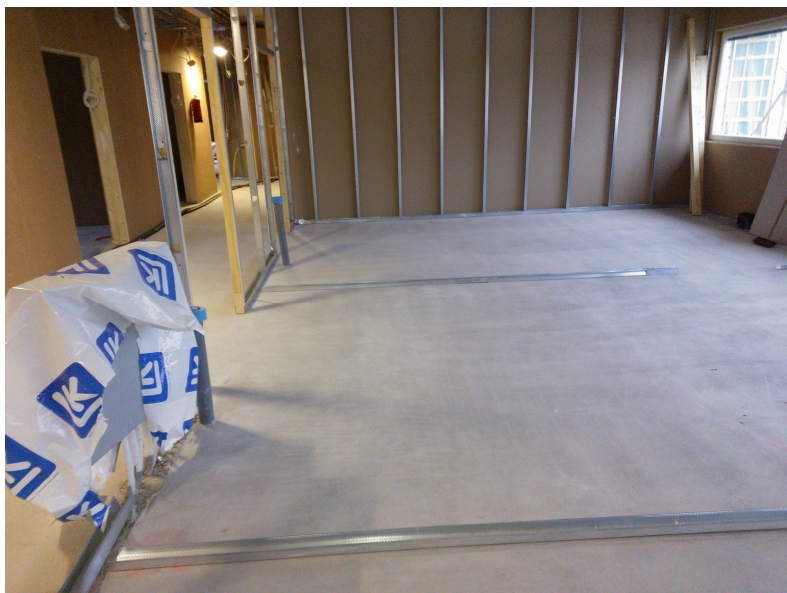
Kiertovesilämmittimet valittiin väliaikaiseksi lämmitysmuodoksi, koska niitä käyttämällä pystyttiin hyödyntämään rakennukseen tulevaa kaukolämpöä, joka on huomattavasti halvempi lämmitysmuoto kuin sähkölämmitys.

Rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä otettiin käyttöön heti, kun se oli mahdollista. Oman lämmitysjärjestelmän käytön hyötynä on se, että rakennus lämpenee tasaisesti. Myöskään ylimääräisiä johtoja, letkuja tai laitteita ei ole työskentelyn tiellä ja lisäksi välttyään turhilta vuokratilustalon kustannuksilta.



Rakennusten betonilattioiden kuivumisen tehostamiseksi käytettiin simpukka- ja aksaalipuhaltimia, joiden avulla saatiin aikaan tehokkaita ilmavirtauksia rakenteen ympärille. Kuivatusajankohta oli talvella pakkasten aikaan, joten lämpimän sisäilman sitoma kosteus voitiin johtaa ulos rakennuksesta huolehtimalla riittävästä ilmanvaihdosta. Ilmanvaihto toteutettiin tuulettamalla rakennusta ulko-ovien ja ikkunoiden kautta.

Kuivumisen tehostamiseksi betonilattioista hiottiin sementtiliima pois heti, kun se oli mahdollista. Lisäksi pyrittiin välttämään mahdollisuuksien mukaan suurten tavaraniippujen varastointia lattioille, koska näin mahdollistetaan betonin tehokas kuivuminen. Lattiatpinnat pidettiin myös puhtaana roskista ja pölystä, jotka hidastavat betonin kuivumista.



Kuva 24. Betonilattian pinnan pitäminen puhtaana pölystä ja roskista mahdollistaa betonin tehokkaamman kuivumisen.

## 8 Betonin kosteus

### 8.1 Yleistä

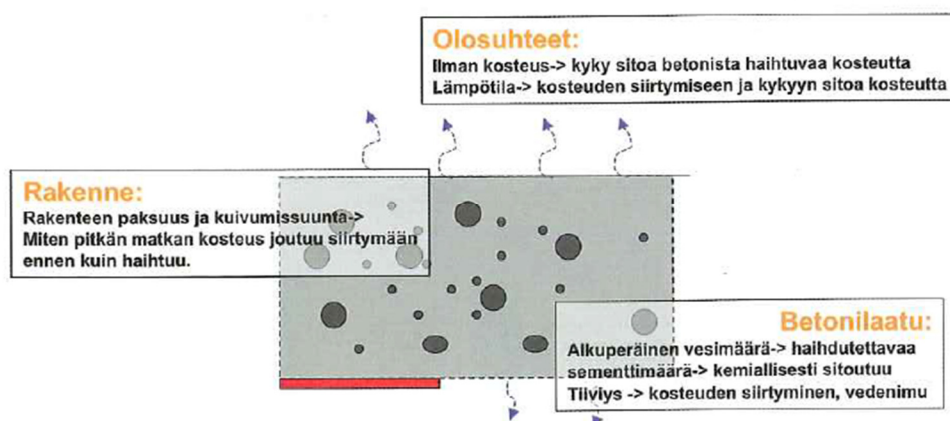
Betonin valmistukseen tarvittavat pääraaka-aineet ovat kiviaines, sementti ja vesi. Betoniin voidaan lisätä myös seos- ja lisäaineita, riippuen betonin halutuista ominaisuuksista. Seos- ja lisäaineilla pystytään säätämään muun muassa betonimassan käsittel-



tävyyttä, betonin sitoutumista ja kovettumista, sekä kovettuneen betonin ominaisuuksia. Yleisimmät lisäaineet, joita käytetään rakennustyömaiden valmisbetoniin, ovat notkistin ja huokostin. [5, s.18.]

Useimmiten sisätiloissa olevat betonirakenteet kuten seinät ja lattiat pinnoitetaan tai päällystetään jollakin toisella materiaalilla. Ennen päällystämistä tai pinnoittamista betonirakenteen tulee kuivua päällystemateriaalikohtaisen raja-arvon alapuolelle, jotta vältetään valmiiden rakenteiden kosteusvaurioita. [16, s.432.]

Normaalin betonin kuivuminen on suhteellisen hidasta verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin. Kuivuminen on riippuvainen monista eri tekijöistä, kuten esimerkiksi betonin ominaisuuksista, rakenneratkaisuista ja kuivumisolosuhteista. Betonin kuivuminen tahdistaa useimmissa rakennuskohteissa sisävalmistusvaihetta ja vaikuttaa siten koko rakentamisaikatauluun. Ellei betonirakenteen kuivumisen asettamia vaikutuksia huomioida ajoissa, voi seurauksena olla aikataulun venyminen tai kosteusvaurio, joka johtuu liian määrän betonin päällystämisestä. [16, s.432.]



Kuva 25. Betonirakenteen kuivumisnopeuteen vaikuttavat mm. betonilaatu, rakenneratkaisu ja kuivumisolosuhteet.

## 8.2 Betonin kuivuminen

Betonin kovettuessa kiviainespartikkelit sitoutuvat toisiinsa sementtiliimalla, jonka muodostavat sementtiliima ja osa betonin valmistamiseen käytetystä vedestä. Tätä kovettumisreaktiota kutsutaan hydrataatioksi. Hydrataatiossa betoniin sitoutuu vettä kemialli-

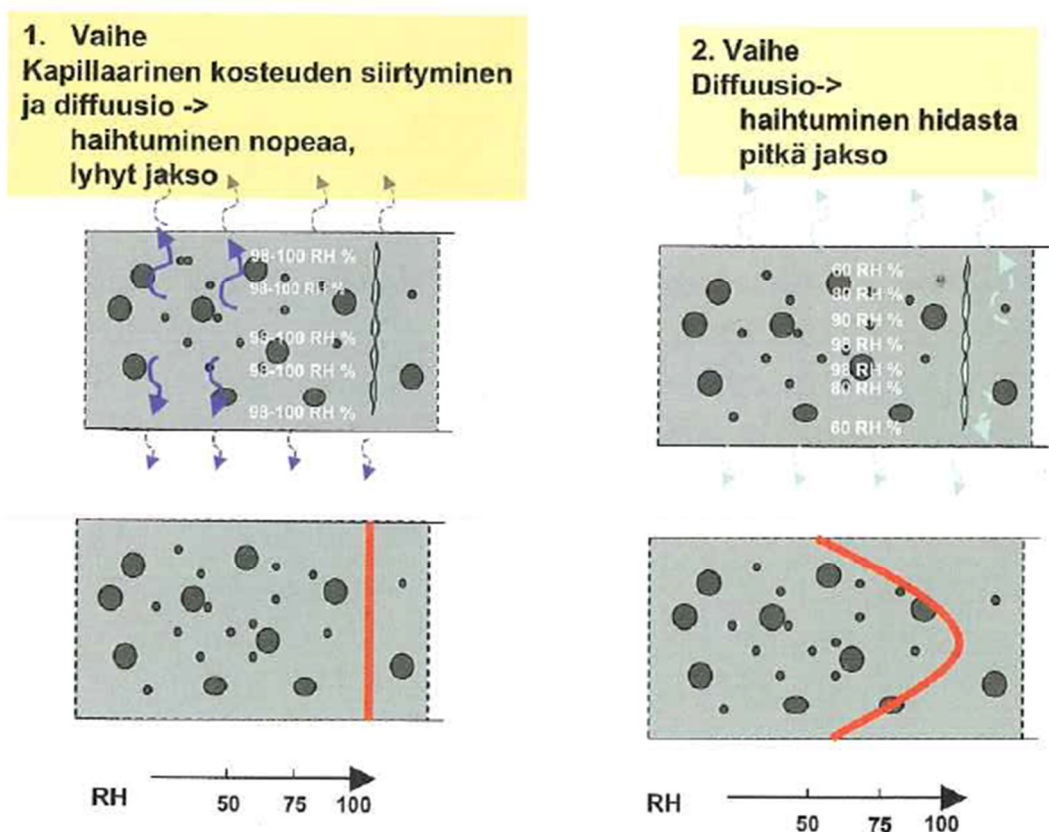
sesti, joka ei pysty poistumaan betonista normaaliolosuhteissa. Reaktio tapahtuu pitkien aikojen kuluessa, aluksi nopeasti, mutta ajan kuluessa hidastuen. [16, s.432-433.]

Seosvedestä vain osa kuluu betonin hydrataatioon, joten betoniin jää paljon vapaata haihtumiskykyistä vettä. Vapaa vesi sitoutuu betonin huokosrakenteeseen ja osa tästä vedestä haihtuu ympäristöön betonin pyrkiessä tasapainokosteuteen ympäristön kanssa. Vettä poistuu betonista niin kauan, kunnes betoni on saavuttanut hygroskooppisen tasapainon ympäristön kanssa. Hygroskooppinen tasapaino on saavutettu, kun betonin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus on sama kuin betonia ympäröivän ilman suhteellinen kosteus. [16, s.432-433.]

Betonin pinnan ollessa kostea, kuivuminen on riippuvaista lähinnä haihtumismahdollisuuksista. Pintakerroksen kosteus pienenee haihtumisen johdosta ja tämän seurauksena rakenteen sisältä siirtyy kosteutta pintaan päin. Pinta kuivuu, kun kosteutta siirtyy pintaan vähemmän kuin sitä siitä haihtuu. [16, s.432-433.]

Kuivumisen siirtyessä syvemmälle rakenteeseen on se ensisijassa riippuvainen kapillaarijohtumisesta ja diffuusiosta. Jotta kapillaarista siirtymistä tapahtuu rakenteessa, on edellytyksenä rakenteen yhtenäinen vedellä täyttynyt huokosverkosto. Kun hydrataatio etenee, niin huokosverkosto katkeaa tai kapilaarihuokokset alkavat vähitellen tulla ilmatäytteisiksi, jolloin betonissa tapahtuva kosteuden siirtyminen tapahtuu pääasiassa diffuusion kautta. Diffuusiolla tapahtuva kosteuden siirtyminen perustuu huokoisen materiaalin eri osissa vallitseviin erisuuruisiin vesihöyryn osapaineisiin, jotka pyrkivät tasoittumaan. Kosteuden kulkeminen tapahtuu suuremmasta vesihöyryn osapaineesta pienempään päin. Kosteuden haihtuessa ilmaan betonin pinnasta ja vesihöyryn osapaineen laskiessa huokosissa, syvemmältä rakenteesta diffusoituu vesihöyryä pintaan, josta se haihtuu edelleen ilmaan. [16, s.432-433.]

Kuivumisnopeus pienenee huomattavasti kapillaarisen kuivumisen loputtua, sillä diffuusion välityksellä siirtyy huomattavasti pienempiä kosteusmääriä kuin kapillaarisesti [16, s.432-433].



Kuva 26. Betonirakenteen kuivuessa siitä poistuu alussa paljon kosteutta, mutta kun kuivuminen edistyy, kosteuden siirtyminen hidastuu huomattavasti.

Betoni on huokoinen materiaali, joten se pystyy luovuttamaan kosteutta ympäristöön ja myös vastaanottamaan sitä. Tasapainokosteuteen ympäristön kanssa pyrkiessään betoni saattaa vastaanottaa ilman kosteutta, mutta betonin kastumisessa merkittävämpi tekijä on kuitenkin betonin vedenimukyky. Betonirakenteet joutuvat rakennusaikana lähes poikkeuksetta tekemiseen veden kanssa esimerkiksi vesi- ja lumisateen, märkien työvaiheiden sekä vesivahinkojen takia. Betonirakenteen kuivumiselle kastumisen vaikutus on sitä merkittävämpi, mitä korkeampi on vesi-sideainesuhde eli mitä alhaisempi on betonin lujuusluokka. Myös kastumisen vaikutus on sitä suurempi, mitä myöhemässä vaiheessa se tapahtuu. [16, s.432-433.]

### 8.3 Betonilattian päällystettävyyttä

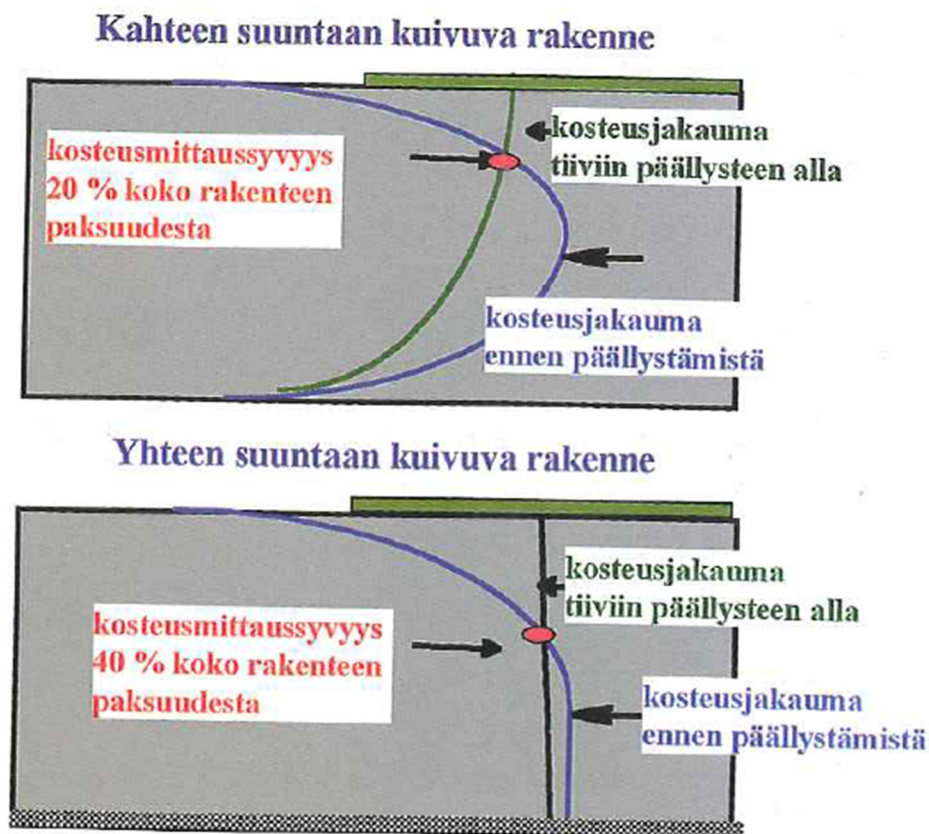
Betoni itse on hyvin kosteutta kestävä materiaali. Betonin sisältämät emäksiset yhdisteet yhdessä kosteuden kanssa voivat sen sijaan aiheuttaa vaurioita päällysteen kiinnityksineissä ja päällystemateriaaleissa. Päällystettäessä betonia saa betonirakenteen

sisällä olla hyvinkin korkea kosteuspitoisuus, mutta välittömästi päällysteen alla kosteuspitoisuus ei saa nousta liian korkeaksi. [16, s.435-436]

Kuivuessaan betonirakenteeseen muodostuu kosteusjakauma, jossa pintaosa on kuiva ja syvemmälle mentäessä kosteuspitoisuus kasvaa. Kosteusjakauma voi olla hyvinkin jyrkkä, sillä 1 cm:n syvyydessä kosteus voi olla 30 %, kun taas 2 cm:n syvyydellä se voi olla jo 75 %. Betonin kuivuessa syvemmällä oleva kosteus siirtyy ajan kuluessa pintaa kohti ja haihtuu siitä ilmaan. Kun päällystemateriaali on asennettu, hidastuu kosteuden haihtuminen betonista oleellisesti. Haihtumisen nopeuteen vaikuttaa päällystemateriaalin vesihöyrynläpäisevyys. Jos rakenteen pintaosat ovat ennen päällystämistä riittävän kuivat, kosteuden poistuminen syvältä rakenteesta on yleensä niin hidasta, että se ehtii haihtua vesihöyryä läpäisevän päällysteen läpi, eikä keräänny päällysteen alle aiheuttaen vaurioita. Suuri kosteusvirtaus syvältä rakenteesta kohti pintaa tai pieni vesihöyrynläpäisevyys päällystemateriaalissa saattaa aiheuttaa kosteuden nousun kriittisen korkeaksi päällysteen alla. Näin ollen päällystevaurion syntyy vaikuttaa siis betonirakenteesta päällystemateriaaliin kohdistuva kosteusvirta sekä päällystemateriaalin kyky läpäistä vesihöyryä. [16, s.435-436.]

Ennen betonin päällystämistä suoritetaan kosteusmittauksia. Mittauksin avulla pyritään varmistamaan riittävän alhaisesta kosteussisällöstä betonissa, ettei päällysteen alapuolinen suhteellinen kosteus nouse liian korkeaksi. Työmailta saatu kokemus osoittaa, että kosteus nousee tiiviin päällysteen alla enimmillään siihen arvoon, mikä kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa vallitsi ennen päällystämistä syvyydellä 0,2 x rakenteen paksuus. Vastaavasti rakenteen kuivuessa yhteen suutaan vastaava syvyys on 0,4 x rakenteen paksuus. Rakenteen päällystettävyyteen vaikuttaa edellä mainituilla syvyyksillä vallitsevan kosteuden lisäksi merkittävästi myös rakenteen pintaosien kosteus. Pintaosien kosteus vaikuttaa muun muassa siihen, miten rakenne pystyy vastaanottamaan liimojen ja tasoitteiden sisältämän kosteuden. Pintaosien ollessa liian kosteat, saattaa suhteellinen kosteus välittömästi päällysteen alla nousta liian korkeaksi jo pelkästään liiman kosteuden vaikutuksesta. Pintaosien kosteus vaikuttaa myös siihen, miten nopeasti rakenteessa syvemmällä oleva kosteus virtaa kohti pintaa. Kosteuden siirtyminen on sitä hitaampaa, mitä kuivemmat rakenteen pintaosat ovat. [16, s.435-436.]

Betonirakenteen pintaosia voidaan pitää riittävän kuivana, kun betonin suhteellinen kosteus alittaa 75 % 2-3 cm:n syvyydellä [16, s.435-436].



Kuva 27. Yhteen ja kahteen suuntaan kuivuvien betonirakenteiden kosteusjakaumat ennen ja jälkeen päälystämisen, sekä kosteuden uudelleen jakautumiseen perustuvat mittausvyvydet.

#### 8.4 Betonirakenteen päälystettävyyteen liittyvät kosteusmittaukset

Ennen kuin ryhdytään päälystämään tai pinnoittamaan betonirakenteita, tulee varmistaa, että kosteuspitoisuus rakenteessa on laskenut vähintään päälystemateriaalin edellyttämälle tasolle. Varmistus hoidetaan mittaamalla betonirakenteen suhteellinen kosteus, josta käytetään merkintää RH%. Suhteellisella kosteudella tarkoitetaan betonin huokosen ilmatilan suhteellista kosteutta. Yleensä päälystemateriaalin RH%:n raja-arvot ovat noin 80-90 %, mutta oikea RH% tulee aina varmistaa päälystemateriaalin valmistajalta. [16, s.435-436; 17, s.81.]

Päälystettävyyden mittaaminen tulee tehdä aina ennen päälystystyön suorittamista. Rakenteen kuivumista kannattaa kuitenkin seurata jo ennen varsinaista päälystystyötä, että tiedetään onko kuivumista tapahtunut suunnitellussa aikataulussa. Jos kuivumista ei

ole tapahtunut suunnitellulla tavalla, voidaan ryhtyä kuivatustoimenpiteisiin riittävän ajoissa ilman aikatauluviivytyksiä. [16, s.436.]

Mittauksista on hyvä laatia etukäteen rakennustyömaan kosteusmittaus suunnitelma. Suunnitelmassa voidaan esittää esimerkiksi mittausmenetelmät, mittausten suunniteltu aikataulu, laajuus, sekä mittauspisteiden sijainnit. [16, s.436.]

Ensimmäinen mittaus olisi suositeltavaa tehdä pian sen jälkeen, kun mitattavan rakenteen kuivumisen oletetaan alkavan. Kuivuminen katsotaan alkavaksi, kun rakenne ei enää kastu ja kohteessa on riittävästi lämpöä. Ensimmäisen mittauksen avulla saadaan käsitys rakenteen kosteudesta ja sen vaatimasta kuivatustarpeesta. 2-4 viikon välein on hyvä suorittaa seurantamittauksia ja viimeinen mittaus tulee suorittaa vähän ennen päällystystyön suorittamista. Viimeinen mittaus on yleensä kattavampi ja tarkempi kuin seurantamittaukset. [16, s.436.]

#### 8.4.1 Kosteusmittausmenetelmät ja -kalusto

Suhteellinen kosteus betonissa voidaan määrittää mittaamalla suhteellinen kosteus betoniin poratussa reiässä. Toinen vaihtoehto on mitata betonista otettujen näytepalojen suhteellinen kosteus koeputkessa. [17, s.81.]

Haluttaessa selvittää kosteusmittaustulos suhteellisen kosteuden arvona eli RH %:na, tulee mittaus suorittaa suhteellisen kosteuden mittauslaitteilla. Käytettäessä mittausmenetelmää, jossa kosteyslukema saadaan ensin painoprosenttina ja muutetaan suhteellisen kosteuden arvoksi taulukoiden avulla, johtaa helposti virheelliseen tulokseen, eikä näin ollen anna betonin kosteudesta luotettavaa kuvaa. Esimerkkejä tällaisista menetelmistä ovat mm. pintakosteudenosoittimet, karbidimittarit ja erilaiset vastusmittarit. [17, s.81.]

Pintakosteudenosoitin on helppokäyttöinen ja nopea tapa selvittää rakenteen pintaosien kosteus 1-2 cm:n syvyydellä. Sillä ei kuitenkaan tule määrittää betonirakenteen päällystettävyyttä uudisrakentamisessa, koska se ei mittaa betonin suhteellista kosteutta. Laitetta voidaan kuitenkin käyttää rakenteissa mahdollisesti olevien kosteampien kohtien kartoittamiseen. [17, s.81.]

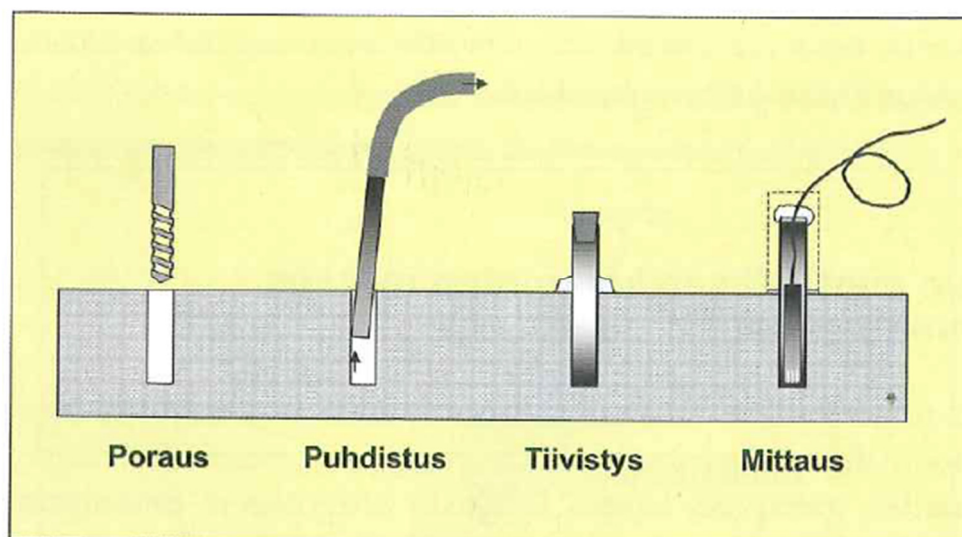
Karbidimittari, jota aiemmin käytettiin lattiapäällystyspuolella yleisesti, ei myöskään mittaa suhteellista kosteutta, joten sitä ei voida käyttää betonin päällystettävyyden arvioimiseen. Mittari ilmoittaa kosteuden betoninäytteessä ja kaliumkarbidijauheen reaktiotuotteena syntyneen kaasun paineen. Paine muutetaan taulukon avulla betonin painoprosenttikosteudeksi ja siitä edelleen toisella taulukolla suhteelliseksi kosteudeksi. Taulukoiden avulla tehtävät muunnokset voivat johtaa hyvinkin suureen mittausvirheeseen. Lisäksi mittaukseen käytettävä betoninäyte on otettu vain noin 2 cm:n syvyydestä, joka ei ole riittävä mittaussyvyys nykysuositusten mukaan. [17, s.81.]

Mitattaessa suhteellista kosteutta, on tärkeää, että mittalaite on tarkoitukseen soveltuva ja kalibroitu. Myös mittaajan tulee olla selvillä mittalaitteen toimintaperiaatteesta, mittaustyön suorittamisesta sekä mittaustulokseen vaikuttavista tekijöistä. [17, s.82.]

#### 8.4.2 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus porareikämenetelmällä

Yleisin menetelmä selvittää betonin suhteellinen kosteus on porareikämenetelmä. Mittaus edellyttää mittaajalta ammattitaitoa ja huolellisuutta, sillä mittaukseen liittyy epävarmuustekijöitä. Nämä tekijät tulee ottaa huomioon jo mittauksessa sekä tulkittaessa tuloksia. Mittauksen luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa porareiän syvyys, puhdistus, tiivistys ja tasaantuminen, mittalaitteen kalibrointi ja muu kunto, mittalaitteen tasaantumisaika porareiässä, ympäröivän ilman ja betonin lämpötilat ja niiden vaihtelut mittauksen aikana. [17, s.82.]

Merkittävä suhteellisen kosteuden mittauksen tulokseen vaikuttava tekijä on lämpötila. Jos mittapään ja mitattavan materiaalin välillä on 1 °C:n lämpötilaero, saattaa mittaus-tulos pahimmassa tapauksessa heittää jopa 5 %. Mittausta tehdessä lämpötila betonirakenteessa tulee olla lähellä rakenteen tulevaa käyttölämpötilaa. [17, s.82.]



Kuva 28. Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen rakenteeseen poratusta reiästä.

## 8.5 Mittauskohdat ja mittauslaajuus

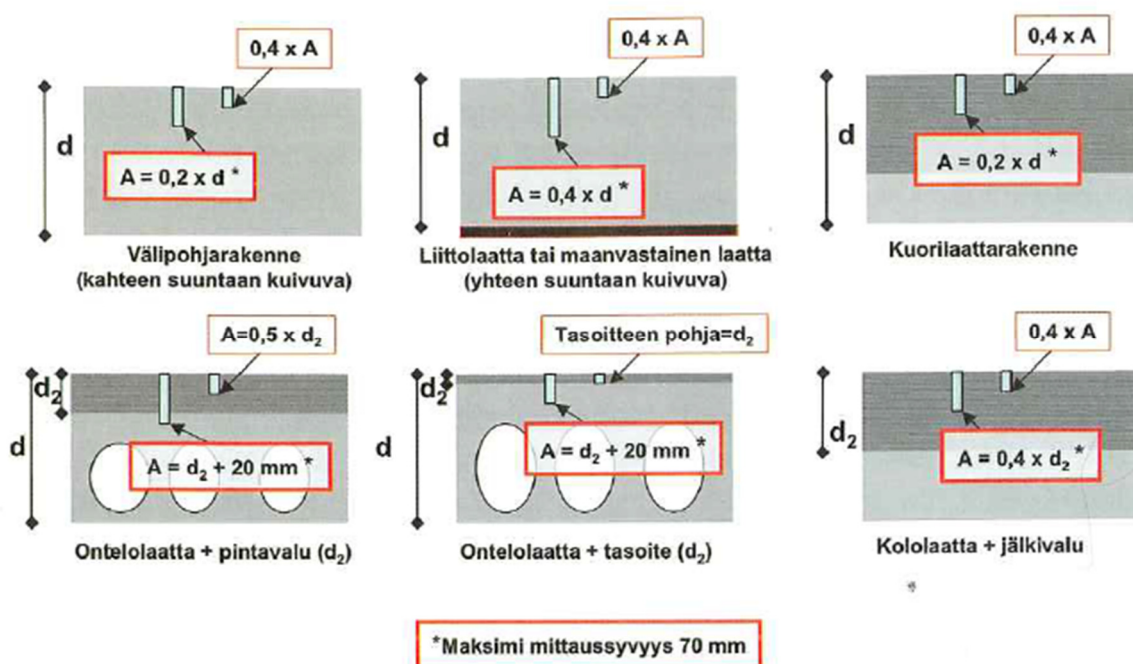
Mittauskohtia on valittava kohteesta tarkoituksenmukainen määrä, koska rakenteiden suhteellisen kosteuden mittaus on rakennetta rikkovaa, aikaa vievää ja kustannuksia aiheuttavaa työtä. Valittaessa mittauskohtia tulee ottaa huomioon valupäivät, olosuhde-erot, sekä rakenteiden kastuminen. Mitattavien kohtien määrä valitaan aina tapauskohtaisesti, esimerkiksi 1-2 kohtaa kerroksesta. Mittauskohtien määrän minimi otantana voidaan pitää mittaamista oletetusta kuivimmasta ja kosteimmasta kohdasta. Kosteimpina kohtina rakennuksissa voidaan pitää muun muassa kulkureittien ja aukkojen kohtia. Määritettäessä mittauksen laajuutta on myös huomioitava erilaisten päällystemateriaalien lukumäärä kohteen kuiva- ja märkätiloissa, sekä niiden aiheuttamat erilaiset vaatimukset alustan kosteuspitoisuudelle. Mikäli jotkut rakenteet ovat kastuneet selvästi toisia enemmän tai kohteen eri osissa tiedetään olevan huomattavia olosuhde-eroja, tulee näillä alueilla suorittaa lisäksi tarkistusmittauksia. [17, s.86; 18, s.13.]

### 8.5.1 Mittaussyvyyydet

Suhteellinen kosteus betonirakenteessa määritetään rakenteen paksuuden mukaan määräytyvältä arviointisyvyydeltä A. Arviointisyvyys perustuu olettamukseen, että päällystämisen jälkeen kosteus tiiviin pinnan alla nousee enemmän siihen arvoon, joka ennen päällystämistä vallitsi kyseisellä arviointisyvyydellä lämpötilan pysyessä vakiona



rakenteessa. Kosteus tulee arviointisyvyyden  $A$  lisäksi mitata myös rakenteen pintaosista syvyydeltä  $0,4 \times A$ . Matalammalla mittaussyvyydellä varmistetaan, että betonin pintaosissa kosteuden siirtyminen on riittävän hidasta ja, että betonin pintaosat ovat valmiita vastaanottamaan tasoitteista ja liimoista tulevan kosteuden. Hyvin vesihöyryä läpäisevillä materiaaleilla päällysteiden alapuolelle tasapainottuvaan kosteuspitoisuuteen vaikuttaa eniten matalampien mittaussyvyysien kosteuspitoisuus. Ennen päällystystyöhön ryhtymistä on alitettava kosteusraja-arvo arviointisyvyydellä  $A$ . Matalammalta saatu suhteellisen kosteuden arvo tulee olla alle 75 % RH. [17, s.86; 18, s.13.]



Kuva 29. Betonilattiarakenteen kosteusmittaussyvydet.

### 8.5.2 Tulosten tulkinta

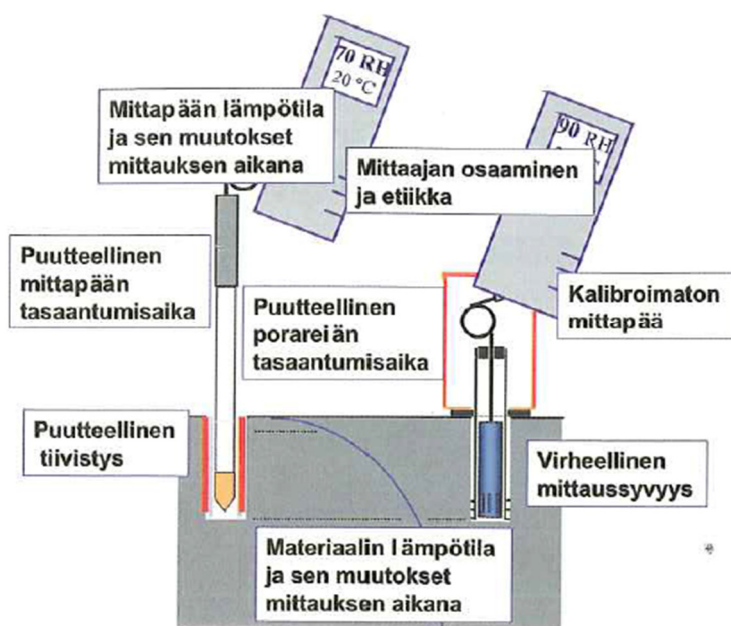
On mahdollista, että betonirakenteeseen on kuivumisen myötä syntynyt sellainen kosteusprofiili, jossa rakenteen pintaosat ovat kuivia, mutta syvemältä vielä kosteita. Tällöin syvemältä kohti pintaa siirtyvä kosteus voi kerääntyä päällystemateriaalin alle, jos betonin pintaosien vesihöyrynläpäisevyys on suurempi kuin päällystemateriaalin. Kosteus päällysteen alla voi nousta kriittisen korkeaksi, jos kosteuden poistuminen päällysteen läpi on hitaampaa kuin syvemältä kohti pintaa siirtyvän kosteuden liikkuminen. Pintarakennejärjestelmän vesihöyrynläpäisevyyskyvyn ollessa parempi kuin betonin pintaosien vesihöyrynläpäisevyys, saattaa päällysteen alapuolinen kosteuspi-

toisuus jäädä huomattavasti mittaussyvyydellä A vallinnutta kosteuspitoisuutta alhaisemmaksi. [18, s.14.]

Betonin pintaosien ja pintarakennejärjestelmän vesihöyrynläpäisevyydestä riippuu siis todellinen kriittinen kosteuspitoisuus. Kosteuden poistumiseen, joka tapahtuu päällystämisen jälkeen vaikuttaa erityisesti se, miten hyvin päällystämateriaali läpäisee vesihöyryä. [18, s.14.]

Luotettava kosteusmittaus ei tarkoita täysin virheetöntä mittausta, sillä kaikkiin mittauksiin liittyy virheen mahdollisuus. Mittausepävarmuutta voivat aiheuttaa muun muassa mittalaitteen ominaisuudet, mittausmenetelmä, mittausympäristö ja mittaja. Siksi mittauspöytäkirjassa tai -raportissa tulee aina ilmoittaa mittautarkkuusselostus, jossa ilmoitetaan mittaukseen liittyvät epävarmuustekijät ja epävarmuuden suuruus. [17, s.88.]

Tarkasteltaessa tuloksia tulee siis ottaa huomioon mittauksen tarkkuus ja tulevien päällystämateriaalien ominaisuudet ja kosteusraja-arvot [18, s.14].



Kuva 30. Betonin suhteellisen kosteuden mittauksessa huomioitavia mahdollisia mittausvirheen aiheuttajia ja epävarmuustekijöitä.

Taulukko 2. Päälystystyön edellytyksenä oleva betonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvo eri päälystysmateriaaleille. [16]

Betonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvo %	Päälyste	Huomautuksia
60	- Sauva- ja lautaparketit ilman puun ja betonin välistä kosteudeneristystä	Puun kosteusliikkeet Sienikasvun alkaminen
80	- Mosaiikkiparketti	Puupäälyste irtaana kosteusliikkeidensä takia alustasta
85	- Huopa- tai solumuovipohjaiset muovimatot - Kumimatot - Korkkilaatat, laattojen alapinnassa kosteudeneristys - Tekstiilimatot, joissa on alusrakenne (kumi, PVC, kumilateksisiveily) - Luonnonmateriaalista tehdyt tekstiilimatot ilman alusrakennetta	Bakteeritoiminta, sienikasvu, liimojen kosteudenkestämättömyys (PVAc)
90	- Muovilattiat - Muovimatot ilman huopa- ja solumuovipohjaa - Linoleum - Alustaan kiinnittämättömät puulattiat, puun ja betonin välissä kosteudeneristys - Polyuretaanimuovimassat - Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta (erikoistapauksissa suht. kosteus $\leq 97\%$ )	Useimmat liimatyyppit eivät kestä suurta kosteutta, päälysteessä muutoksia. Puulattioiden kosteudeneristyksenä toimii esim. 0,2 mm:n muovikalvo, saumat limitäin tai teipattuina. Märissä tiloissa sekä kosteuden ollessa suuri ( $\geq 90\%$ ) mattojen kiinnitykseen on käytettävä vedenpitävää liimaa ja riittävän runsaalla liimamäärällä varmistettava saumojen pitävyys.
97	- Epoksi-, akryyli- ja polyesterimuovimassat	Betonin pinnan on oltava muovimassaa levitettäessä kuiva sekä riittävän lämmin, muussa tapauksessa pinta on kuivattava välittömästi ennen massan levitystä esim. säteilylämmityksellä kovettumisen ja tartunnan varmistamiseksi.

## 9 Tulokset

Insinööriytyössä tarkoituksena oli tutustua rakennusaikaiseen kosteudenhallintaan ja erilaisiin keinoihin sen toteuttamiseksi. Työssä tutkittiin ensin rakennusta rasittavia kosteuslähteitä sekä rakennukseen ja rakennusmateriaaleihin kohdistuvia kosteuden lähteitä. Lisäksi kartoitettiin erilaisia kosteuden siirtymismuotoja rakenteissa. Luku jossa käsitellään kosteuden siirtymistä, toimii hyvänä kertauksena rakennusfysiikasta. Rakennusfysiikka on hyvä tuntee ja hallita, jotta pystytään varmistamaan kosteudenhallinnan onnistuminen rakennusaikana. Rakenteet myös muuttuvat ja kehittyvät jatkuvasti entistä tiiviimmiksi ja vähemmän hengittäviksi, joten on tärkeää tietää kuinka kosteus käyttäytyy erilaisissa olosuhteissa. Tuntemalla ja hallitsemalla kosteuden liikkeitä rakenteissa pystytään välttämään monta ongelmaa rakentamisessa.

Työssä tutkittiin ja vertailtiin myös erilaisia lämmitys-, kuivatus- ja suojausmenetelmiä rakennusaikaisen kosteuden hallintaan. Markkinoilla on nykyään tarjolla monenlaisia laitteita, koneita ja menetelmiä rakennusvaiheen lämmityksen ja kuivatuksen toteutukseen. Työmaahenkilöstön on osattava valita tarjolla olevista vaihtoehdoista aina kyseiselle työmaalle parhaiten soveltuvat vaihtoehdot. Oikeiden menetelmien valinta on tärkeää, jotta rakenteiden kuivuminen olisi mahdollisimman tehokasta ja kuivatuksesta saataisiin maksimaalinen hyöty. Tutustumalla erilaisiin menetelmiin ja vertailemalla niitä keskenään, pystyttiin valitsemaan sopivimmat vaihtoehdot esimerkkityömaan käyttöön. Esimerkkityömaalla käytetyt menetelmät valittiin aina tarpeen ja vallinneiden olosuhteiden mukaan. Eri menetelmiä vertaillen ja valittaessa tuleekin aina ottaa huomioon vallitseva menetelmän tarve, kustannustehokkuus ja toimivuus kyseisessä kohteessa.

Lisäksi työssä tutustuttiin tarkemmin betonilattioihin liittyviin kosteuksiin sekä niiden kuivatusmenetelmiin ja kosteusmittauksiin. Tutustumisen pohjalta pystyttiin valitsemaan oikeat menetelmät esimerkkityömaan betonilattioiden kuivattamiseen, jotta betoni saatiin riittävän kuivaksi ennen pinnoitustyön aloittamista. Esimerkkikohteessa suoritettiin kosteusmittauksia monessa eri vaiheessa. Ensimmäinen mittaus suoritettiin hyvissä ajoin ennen päällystyön aloitusta. Mittauksessa havaittiin betonin olevan vielä kosteampaa kuin oletettiin ja, että betonin kuivumiselle täytyy luoda paremmat olosuhteet, jotta päällystystyöt päästään aloittamaan aikataulun mukaisesti. Kuivumista tehostettiin nostamalla lattialämmityksen tehoa, luomalla ilmavirtauksia rakenteen ympärille puhaltimilla ja tehostamalla ilmankiertoa tuuletuksen avulla. Lattiat myös hiottiin vielä

kertaalleen, jonka jälkeen huolehdittiin, että lattiapinnat pysyivät puhtaana pölystä ja roskista. Pöly on tärkeää pitää poissa lattiapinnalta, jotta betoni pääsee kuivumaan tehokkaammin. Lisäksi lattioista suoritettiin seurantamittauksia, joiden avulla varmistettiin, että kuivuminen edistyy suunnitellusti. Viimeisin kosteusmittaus suoritettiin juuri ennen päällystystyön aloittamista ja sillä mittauksella varmistettiin, että betonin suhteellinen kosteus on laskenut riittävän alhaiselle tasolle. Mittaustulosten saannin jälkeen todettiin, että betonin suhteellinen kosteus on riittävän alhainen ja mattourakoitsijalle annettiin lupa aloittaa pinnoitusurakka. Mattourakoitsijan tasoitettua ja oiottua lattiat suoriksi hienotasoitteella, mitattiin pintakosteusmittarilla vielä lattiatasoitteen kuivuus ennen mattojen liimausta betoniin. Pintakosteusmittarilla saadaan mitattua ohuen tasointekerroksen kuivuus riittävän luotettavasti. Tasoitteen kuivuus on tärkeää muistaa mitata, jotta voidaan varmistaa, että pintamateriaali voidaan varmasti asentaa turvallisesti ilman pelkoa kosteusongelmista.

Insinööriyön tuloksena kasattiin esimerkkikohteen rakennusurakan tilaajalle eli Mäntsälän kunnalle laatukansio kosteudenhallintaan liittyen. Kansio pitää sisällään tämän opinnäytetyön liitteineen sekä tuotetietoa käytetyistä tasoitteista, liimoista ja muovimateriaaleista. Kansio toimii täten dokumentointina suoritetusta kosteudenhallinnasta sekä käytetyistä menetelmistä ja materiaaleista.

Insinööriyö toimii myös hyvänä tiivistelmänä ja ohjekirjana rakentamisen aikaisen kosteudenhallinnan toteuttamiseen. Insinööriyössä on esiteltynä yleisimmät käytössä olevat lämmitys- ja kuivatusmenetelmät, joista pystyy valitsemaan parhaiten soveltuvat menetelmät vallitsevan tarpeen mukaan. Työssä on myös kerrottu betonilattioiden kuivattamisesta paljon hyödyllistä tietoa, esimerkiksi menetelmiä, joilla saadaan betonin kuivumisnopeus mahdollisimman tehokkaaksi. Näistä tiedoista on varmasti paljon hyötyä varsinkin uusille ja kokemattomille työnjohtajille, jotka joutuvat työssään olemaan tekemisissä kosteudenhallinnan kanssa. Nuoremmilla toimihenkilöillä ei välttämättä ole vielä uransa alussa paljoakaan kokemusta betonilattioiden kuivatuksesta ja menetelmistä, joilla kuivatus saadaan hoidettua mahdollisimman tehokkaasti.

## 10 Yhteenveto

Rakentamisen aikainen kosteudenhallinta on ensiarvoisen tärkeää hoitaa kunnolla, jotta rakentamisen tuloksena saadaan käyttäjälle terve ja toimiva rakennus. Insinöörityön aihe valikoitui Skanskan halusta panostaa rakennusaikaisen kosteudenhallinnan suorittamiseen vielä normaaliakin tarkemmin esimerkkikohteessa. Kosteus- ja homeo-ongelmat ovat tänä päivänä paljon esillä oleva aihe, etenkin koskien juuri kouluja ja päiväkoteja. Kosteudenhallintaan onkin syytä rakennusvaiheessa panostaa kunnolla, jotta uusia ongelmia ei pääse syntymään. Huolellisella ja hyvin suoritetulla kosteudenhallinnalla nämä ongelmat pystytään ehkäisemään.

Tämän insinöörityön ensimmäinen vaihe oli tutustuminen kosteuden muodostumiseen sekä sen siirtymiseen rakenteissa ja rakenteiden välillä. Tutustuminen toimi itsellenikin hyvänä kertauksena perus rakennusfysiikasta ja lisäksi sain uutta tietoa kosteudesta ja sen liikkeistä rakenteissa.

Insinöörityössä on esiteltynä myös erilaisia lämmitys-, kuivatus- ja suojausmenetelmiä rakentamisen aikaisen kosteudenhallinnan suunnittelemiseksi ja toteuttamiseksi. Työssä on pyritty esittelemään kaikki yleisimmät ja useimmin käytetyt menetelmät ja kalustot rakennuksen sääsuojauksen järjestämiseen sekä lämmityksen ja kuivauksen toteutukseen. On tärkeää, että työmaahenkilöstö osaa valita parhaiten tilanteeseen soveltuvat menetelmät ja kaluston, jotta kosteudenhallinta saadaan toteutettua mahdollisimman hyvin ja kustannustehokkaasti.

Opinnäytetyössä on myös tarkemmin kerrottuna betonilattioihin liittyvistä kosteuksista ja niiden kuivattamiseen liittyvistä toimenpiteistä. Betonilattiat ovat työmaan aikataulun kannalta kriittisiä työvaiheita, koska niiden kuivattamiseen kuuluu aina paljon aikaa. Mikäli kuivumisolosuhteet eivät ole optimaaliset, on seurauksena yleensä aikataulun venymistä, sillä lattioita ei päästä pinnoittamaan oletetussa aikataulussa. Betonilattiat on ensiarvoisen tärkeää saada riittävän kuiviksi ennen niiden pinnoittamista, jotta vältetään kosteusongelmilta tulevaisuudessa. Nykyään uutisoidaan paljon ongelmista, jotka ovat aiheutuneet liian aikaisesta betonin pinnoittamisesta. Usein tähän on syynä liian kireät aikataulut, joissa ei ole varattu riittävästi aikaa betonin kuivumiselle. Kuivumisen vaatima aika tulisi huomioida jo tilaajan puolelta riittävän pitkällä aikataulutuksella.

Usein ajatellaan, että huolellinen ja kunnolla toteutettu kosteudenhallinta rakentamisvaiheessa lisää oleellisesti työn määrää ja näin ollen kasvattaa kustannuksia. Vaikka näin olisikin, niin hyvin toteutettu kosteudenhallinta maksaa itsensä takaisin moninkertaisesti esimerkiksi säästetyissä korjauskustannuksissa tai lyhentyneissä kuivatusajoissa. Hyvin toteutettu kosteudenhallinta ja tilaajalle luovutettu ongelmaton rakennus tuo myös varmasti rakentajalle hyvää mainetta tulevaisuuden töitä ajatellen.

## Lähteet

- [1] Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- [2] Koivulahti, Jori. 2013. Rakennuksen rakennusaikainen kuivattaminen. Opinnäytetyö. Oulun seudun ammattikorkeakoulu.
- [3] Sisäilmayhdistys. 2008. Verkkodokumentti. Kosteuden siirtyminen. <<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/kosteusvauriot/kosteustekninen-toiminta/kosteuden-siirtyminen>> Luettu 26.1.2014
- [4] Kostamo, Pinja. 2013. Rakennusaikainen suojaus. Opinnäytetyö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.
- [5] Lahtinen, Johanna. 2012. Rakennusaikaisen kosteuden hallinta ja betonin kuivumisen varmistaminen. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.
- [6] Pajulahti, Juha-Matti. 2007. Rakennusvaiheen kosteudenhallinta. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.
- [7] Rakennustieto Oy. 1996. Rakenteiden lämmitys ja kuivatus. Ratu 07-3032.
- [8] Ahonen, Pekka. 2012. . Sisävalmistusvaiheen lämmitys ja kuivatus sekä energian kulutus talviaikana. Mestarityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- [9] Rakennustieto Oy. 2013. Rakennustyömaan sääsuojaus. Ratu S-1232.



- [10] Cramo Oy. Verkkodokumentti. Lämmityspalvelut.  
<<http://www.cramo.fi/Web/Core/Pages/Article.aspx?id=33997&epslanguage=FI>> Luettu 28.2.2014
- [11] Polartherm Oy. Verkkodokumentti. Sähkölämmittimet.  
<<http://www.polartherm.fi/fi/ammattikaytto/muut-siirrettavat-lamittimet-ja-kuivaimet/sahkolamittimet-/remko-elkomat.html>> Luettu 25.2.2014
- [12] Tukes. 2013. Verkkodokumentti. Vaarallisten kemikaalien säilytys.  
<<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-ja-kaasu/Vaarallisten-kemikaalien-sailytys/>> Luettu 17.1.2014
- [13] Skanska Rakennuskone Oy. Verkkodokumentti. Vuokrattavat rakennuskoneet. <<http://www.skanskarakennuskone.fi/oljykayttoiset-lamittimet>>  
Luettu 20.2.2014
- [14] Gles Oy. 2012. Verkkodokumentti. Kuivausohje.  
<[http://www.gles.fi/pdf/GLES\\_kuivausohje.pdf](http://www.gles.fi/pdf/GLES_kuivausohje.pdf)> Luettu 10.3.2014
- [15] Ramirent Oy. 2011. Verkkodokumentti. Kuivauskalusto.  
<<http://tuotteet.ramirent.fi/catalog/1568>> Luettu 11.3.2014
- [16] Suomen Betoniyhdistys. 2009. Betonitekniikan oppikirja 2004 BY 201.  
Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy.
- [17] Komonen, Juha. Merikallio, Tarja. Niemi, Sami. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki. Suomen Betonitieto Oy.
- [18] Rakennustieto Oy. 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaust. RT 14-10984.

## Kuvalähteet

Kuva 1	Kostamo, Pinja. 2013. Rakennusaikainen suojaus. Opinnäytetyö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.
Kuva 2	< <a href="http://www.tiivistalo.fi/tiedostot/default.asp?sivu=tiivistaloWiki&amp;otsikko=konvektio&amp;tunnus=377">www.tiivistalo.fi/tiedostot/default.asp?sivu=tiivistaloWiki&amp;otsikko=konvektio&amp;tunnus=377</a> >
Kuva 3	Komonen, Juha. Merikallio, Tarja. Niemi, Sami. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki. Suomen Betonitieto Oy.
Kuva 4	Oma dokumentti
Kuva 5	< <a href="http://www.tiivistalo.fi/tiedostot/default.asp?sivu=tiivistaloWiki&amp;otsikko=diffuusio&amp;tunnus=376">www.tiivistalo.fi/tiedostot/default.asp?sivu=tiivistaloWiki&amp;otsikko=diffuusio&amp;tunnus=376</a> >
Kuva 6	Oma dokumentti
Kuva 7	Oma dokumentti
Kuva 8	Oma dokumentti
Kuva 9	Oma dokumentti
Kuva 10	Rakennustieto Oy. 2013. Rakennustyömaan sääsuojaus. Ratu S-1232.
Kuva 11	Oma dokumentti
Kuva 12	< <a href="http://www.telinekataja.fi/tuotemyynti/saasuojat">http://www.telinekataja.fi/tuotemyynti/saasuojat</a> >
Kuva 13	Rakennustieto Oy. 2013. Rakennustyömaan sääsuojaus. Ratu S-1232.
Kuva 14	< <a href="http://www.polartherm.fi/fi/ammattikaytto/muut-siirrettavat-lammittimet-ja-kuivaimet/sahkolammittimet-/remko-elkomat.html">http://www.polartherm.fi/fi/ammattikaytto/muut-siirrettavat-lammittimet-ja-kuivaimet/sahkolammittimet-/remko-elkomat.html</a> >

- Kuva 15 <<http://www.polartherm.fi/fi/ammattikaytto/muut-siirrettavat-lammittimet-ja-kuivaimet/nestekaasulammitimet/remko-promat.html>>
- Kuva 16 < <http://www.polartherm.fi/fi/ammattikaytto/siirrettavat-oljy--ja-kaasukayttoiset-ilmalammitimet/polar-hc372.html>>
- Kuva 17 <<http://www.polartherm.fi/fi/ammattikaytto/siirrettavat-oljy--ja-kaasukayttoiset-ilmalammitimet/polar-heatmobil.html>>
- Kuva 18 <<http://www.skanskarakennuskone.fi/siirrettava-oljylammitin-55-kw>>
- Kuva 19 <<http://www.polartherm.fi/fi/ammattikaytto/muut-siirrettavat-lammittimet-ja-kuivaimet/kiertovesikayttoiset-lammittimet/polar-wh-ja-wht.html>>
- Kuva 20 <<http://tuotteet.ramirent.fi/catalog/1572>>
- Kuva 21 <<http://tuotteet.ramirent.fi/node/2095>>
- Kuva 22 <<http://tuotteet.ramirent.fi/node/2099>>
- Kuva 23 <<http://tuotteet.ramirent.fi/node/2518>>
- Kuva 24 Oma dokumentti
- Kuva 25 Komonen, Juha. Merikallio, Tarja. Niemi, Sami. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki. Suomen Betonitieto Oy.
- Kuva 26 Komonen, Juha. Merikallio, Tarja. Niemi, Sami. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki. Suomen Betonitieto Oy.
- Kuva 27 Komonen, Juha. Merikallio, Tarja. Niemi, Sami. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki. Suomen Betonitieto Oy.

- Kuva 28 Komonen, Juha. Merikallio, Tarja. Niemi, Sami. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki. Suomen Betonitieto Oy.
- Kuva 29 Komonen, Juha. Merikallio, Tarja. Niemi, Sami. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki. Suomen Betonitieto Oy.
- Kuva 30 Komonen, Juha. Merikallio, Tarja. Niemi, Sami. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki. Suomen Betonitieto Oy.
- Taulukko1 Rakennustieto Oy. 2013. Rakennustyömaan sääsuojaus. Ratu S-1232.
- Taulukko 2 Suomen Betoniyhdistys. 2009. Betonitekniikan oppikirja 2004 BY 201. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy.

**Salattu yrityksen pyynnöstä.**

**Salattu yrityksen pyynnöstä.**

**Salattu yrityksen pyynnöstä.**